

دان فالك

فِي البَحثِ عَنِ الزمن

رحلاتٌ في بُعْدٍ مُدهِشٍ







فِي البَحثِ عَنِ الزمن

رحلاتٌ في بُعْدِ مُدهِشِ





Author: **Dan Falk** | اسم المؤلف: دان فالك

Title: **In Search of Time: Journeys Along a Curious Dimension** | عنوان الكتاب: في البَحثِ عَن الزمن - رحلاتٌ في بُعْدٍ مُدهِشٍ

Translated by: **Dr. Rasha Sadek** | ترجمة: د. رشا صادق

P.C.: **Al–Mada** | الناشر: دار المدى

First Edition: **2022** | الطبعة الأولى: 2022



للإعلام والثقافة والفنون

Al-mada for media, culture and arts

بغداد: حي أبو نواس - محلة 102 - شارع 13 - بناية 141

Iraq/ Baghdad- Abu Nawas-neigh. 102 - 13 Street - Building 141

+ 964 (0) 770 2799 999 | + 964 (0) 780 808 0800 | + 964 (0) 790 1919 290

دمشق: شارع كرجية حداد- متفرع من شارع 29 أيار

Damascus: Karjieh Haddad Street - from 29 Ayar Street

+ 963 11 232 2276 | + 963 11 232 2275 | + 963 11 232 2289 | ص.ب: 8272

بيروت: بشامون - شارع المدارس

Beirut: Bchamoun - Schools Street

+ 961 175 2617 | + 961 706 15017 | + 961 175 2616

دان فالْك



في البَحثِ عَن الزمن
رحلاتٌ في بُعْدٍ مُدهِشٍ

ترجمة : د. رشا صادق





إهداء المؤلّف:

إلى ذكرى

جديّ: إغناسي وليونيا فالك

وجديّ: موشيه رافيف، ود. روزالي شاين.

لغز الزمن العظيم، حيث
لا شيء إلّا ذاك اللّامتناهي، الصامتُ،
الذي لا يتوقّف، والذي يُدعى بالزمن.
يتدحرج، يندفع، سريعاً، صامتاً، مثل
مدٍّ بحريّ يغمر كلّ شيء، وفيه
نسبح نحن والكون مثل زفير،
مثل أشباح تكون، ومن ثمّ
لا تكون: إنّه حرفياً معجزة
تدوم للأبد، معجزة تجعلنا عاجزين عن النطق،
لأنّنا لا نمتلك كلماتٍ تعبّر عنها.

توماس كارلايل

الأبطال وعبادة البطل، 1840.

دان فالك

دان فالـك هـو صحفـيّ كنـديّ يكتب فـي مجال العلوم للعديد مـن الصحف والمجلّات، مثل غلوب آنـد ميل، ناشـنال بوسـت، وَالْروس، نيو سايَنتِسـت، ويساهـم بإعداد برامج إذاعة BBC وغيرها. ربح جائزة «كتّـاب العلـوم الكنديّيـن» عن فئة صحافـة المجتمع عـام 2002، وجائـزة «رابطـة كتّـاب نوڤـا سـكوتيا»، وجائـزة «مارغريـت آنـد جـون سـاڤاج» المخصّصة للعمل الأوّل عن كتابه «الكون على تيشرت»، وجائزة «المعهـد الأمريكـيّ لعلوم الفيزيـاء للكتابة في مجال العلوم» عن فئة الفيزياء والفلك عام 1999.

تنويه

يمكن للقارئ/ ة الكريم الرجوع إلى اليوتوب للاطّلاع على الأمكنة، والاختراعات، والآلات، وحتّى النظريّات الواردة في هذا الكتاب، ممّا يُضيف إثراء بصريّاً مدهشاً للمعلومات.

اعتمدتُ على المواقع التالية بالنسبة للحواشي، ومعظمها يُعنى بتقديم المادّة العلميّة بطريقة دقيقة غير تخصّصيّة، لمن يودّ الاطّلاع عليها:

https://www.edge.org

https://www.space.com

https://www.universetoday.com

https://www.livescience.com

https://physicsworld.com

https://earthsky.org

https://www.technologyreview.com

https://phys.org

https://www.sciencedirect.com

د. رشا صادق

دمشق / 2020م

الفهرس

تمهيد

«أنتَ تكتب كتاباً عن... ماذا؟!!»

قل للناس إنّك تؤلّف كتاباً عن الزمن، وستتلقّى ردود أفعال مدهشة!

سيحتار البعض منهم، أو يهزّون أكتافهم بلا مبالاة ويسألون: «وماذا عن الزمن؟!»، وكأنّ من الصعب وجود ما يكفي من الأمور المشوّقة لتأليف كتاب كامل عنه (ألا يمرّ الزمن فحسب؟!)، أمّا البعض الآخر فيبدو أنّهم يفهمون إغراءه على الفور، ويتساءلون عن مواضيع محدّدة: «هل ستكتب عن السفر عبر الزمن؟!»، «طبعاً» أجيبهم، وأؤكّد لهم أنّني سأخصّص فصلاً بأكمله للسفر عبر الزمن، رغم أنّه مستحيل كما أخبرهم، لكنّه يطرح أسئلة ساحرة عن طبيعة الزمن نفسه وعن الفضاء وقوانين الطبيعة. بعض الناس يخمّنون أنّني أؤلّف «كتاباً عن الفيزياء»، ولا بدّ أنّه سيكون تقنيّاً متخصّصاً، فيه الكثير عن الإنتروبيا وحدود العالم وما إلى هنالك. كلّا، أطمئنهم، على الأقلّ ليس «كتاب فيزياء» فحسب، هدفي هو مقاربة أوسع للغز الزمن من اتّجاهات متعدّدة، يحمل كلّ منها وجهةَ نظره وبصيرته الخاصّة، وسِجلَّ نجاحاته وخيباته.

في الواقع، يجب أن نقارب الزمن من عدّة زوايا، إذ لا يوجد «جواب» بحوزة أيّ فرع من فروع العلوم مهما كان. أدركتُ ذلك عندما ألقيتُ نظرة على الكتب التي تصطفّ على رفوف مكتبة بيتي (سأقوم برحلات عديدة إلى مكتبات مختلفة، لكنّ إحدى مزايا إنشاء مجموعة كتب رائعة في المنزل، هي أنّ جزءاً ضخماً من البحث يُنجَز حتّى قبل أن يتصدّى المرءُ لتفاصيله). أوّل رفّين من رفوف مكتبتي يضمّان كتباً عن تاريخٍ وفلسفةِ العلوم: فيهما أبحث عن الكلاسيكيّات مثل برونوفسكي وبورستِن وغامو، ومجموعة من

عناوين كارل ساغان، والأعمال الأحدث التي كتبها تيموثي فيريس ودينيس دانيلسون مثلاً. تحتهما، الكتب التي تتناول سيرة حياة العلماء: «غاليليو» لدرايك وسوبل، «نيوتن» لويستفول وغليك، «آينشتاين» لبايس، فولسنغ، وإيزاكسون، بالإضافة إلى العديد من الكتب التي تركّز بشكل خاصّ على نظريّات أولئك المفكّرين العظماء.

تحت ذلك الرفّ، توجد عناوين الفيزياء المعاصرة وعلم الفلك: هوكنج، وينبرغ، غرين، ديڤيس، ريس، كراوس، وغيرهم. إلى جواره، رفّ يضمّ كتباً عن تطوّر وطبيعة الإنسان – الحيوان: دياموند، تاترسول، هوسر، داوكنز. تحتها تصطفّ كتبٌ عن الوعي وعن العقل: بِنْكر، بنروز، دانِتْ، كريك، داماسيو، إيدلمان... بالإضافة إلى بعض الكتب المفصّلة عن الساعات والتقاويم وحساب الزمن: ويترو، آڤني، لاندس، دانكان، ستيل.

والزمن!

حسناً، «الزمن» هو موضوع تتقاطع فيه كلّ تلك الحقول المعرفيّة. في الواقع، التحدّي الذي واجهني كان التداخل بين جميع تلك التخصّصات بعضها مع بعض إلى حدّ ما. التداخل جيّد إن كنتَ تريد بناء شبكة عنكبوتيّة، لكنّه قد يعيق تأليف كتاب، لأنّ الكتاب يتطلّب سرداً مفرداً منساباً أي: «قصّة»، بالتالي توجّب عليّ أن أكون انتقائيّاً كي أتمكّن من سردها: عندما أضطرّ إلى الاختيار بين المزيد من العلم والمزيد من الفلسفة، يربح العلمُ عادة، ليس لأنّ الفلسفة مملّة، بل لأنّها لا تخدم قصّتي كثيراً. ماذا؟! لا هيديغر؟! لا بيرغسون؟! بكلّ أسفٍ: لا! علينا أن نتدبّر أمرنا دون أفلاطون وأرسطو وليبنز وماك تاغارت، وغيرهم من اللّاعبين الأساسيّين. حتّى في مجال العلم بحدّ ذاته، هناك الكثير والكثير من الأبحاث المعاصرة التي لا يتّسع لها كتاب واحد، كلّ فصل من فصول كتابي الاثني عشر في الحقيقة يمكن أن يتحوّل إلى كتاب مستقلّ في المستقبل، لو شاء أيّ كاتب أن يقوم بذلك. بالنسبة لأولئك الذين يريدون التعمّق أكثر، آمل أنّ المراجع الكاملة والحواشي المفصّلة ستساعدهم في قراءاتهم المستقبليّة. ضمن سياق النصّ، حاولتُ أن أنتقي خياراتي بحرص قدر الإمكان، وأعطيتُ الأولويّة للنطاق الذي أحرز العلم فيه تقدّماً ملحوظاً خلال السنوات الأخيرة.

بدأ بحثي في تلك الكتب والمجلّات والمكتبات، لكنّه لم ينته هناك. خلال السنوات القليلة الماضية، تشرّفتُ بلقاء العديد من أعظم المفكّرين في عصرنا، وأحياناً أكثر من مرّة. «سيستغرق الأمر ساعة فحسب!» كنتُ أقول لهم، وأنا أعلم تماماً أنّ لقاءنا سيمتدّ لفترة أطول. تكرّم معظمهم بالسماح لي بطرح المزيد من الأسئلة عليهم وأنا أحمل آلة التسجيل في يدي، أخصّ منهم بالشكر: روجر بنروز، جوليان باربور، ديڤيد دويتش، لي سمولن، وبول ديڤيس... قدرتهم على الإحاطة ببعض من أصعب المعضلات في كلّ حقول العلم ألهمتني حقّاً! العديد من الأكاديميّين جلسوا معي وشرحوا لي أبحاثهم بصبر، بينما أرشدني آخرون إلى المختبرات العلميّة ومعارض المتاحف والمواقع الأثريّة. سترد أسماؤهم تباعاً في الفصول اللّاحقة، وأنا مدين لهم جميعاً (معظم تلك اللقاءات تمّت من أجل كتابة هذا الكتاب تحديداً، لكنّني اعتمدتُ أحياناً على أبحاثي في مشاريعي السابقة، بما فيها مجموعة وثائقيّات أعددتُها لمصلحة برنامج «أفكار» Ideas على راديو BBC).

تكرّم العديدون بالاطّلاع على أجزاء من مخطوطة هذا الكتاب في أطوارها المختلفة: إيفان سيمينيوك، جورج موسر، وناتالي مونرو قدّموا لي ملاحظات مهمّة، بينما تكرّمت إليزابيث هاول بقراءة الكتاب كاملاً (الأخطاء الباقية هي مسؤوليّتي أنا وحدي بلا شكّ)، كما استفدتُ كثيراً من النقاش مع كلّ من جيمس روبرت براون، غلِن ستاركمان، ويوجيني سكوت.

فكرة هذا الكتاب كانت تطفو في عقلي منذ أنهيتُ كتابي الأوّل «الكون على تيشرت: البحث عن نظريّة كلّ شيء» عام 2002. هذا الكتاب ليس جزءاً ثانياً بأيّ حال من الأحوال وموضوعه مختلفٌ تماماً بشكل عامّ، لكنّ بعض المواضيع الأساسيّة -مثل نظريّة النسبيّة- تتكرّر، وأنا أحيل القارئ أحياناً إلى كتابي الأوّل للاطلاع على شرح أوفى عنها.

ما كان هذا العمل ليرى النور لولا مساعدة دون سيدجويك وشون برادلي، الوكيلين الأدبيّين من ترانس أتلانتيك ليتراري إيجنسي، ولولا العمل الدؤوب للمحرّرة جيني برادشو في ماك ليلاند & ستوارت خصوصاً، التي ساعدتني على تحويل المخطوطة إلى شكلها النهائيّ. أنا ممتنٌّ كذلك لمهارة ستيفاني فيش بالتحرير.

بالنسبة لوحدات القياس، اعتمدتُ مجدّداً وبشكل أساسيّ على النظام المتريّ. أنا واثق أنّ قرّائي في الولايات المتّحدة الأمريكيّة لن يعانوا صعوبة مع الأمتار والكيلومترات وما شابه. من ناحية أخرى، اعتمدتُ التهجئةَ الأمريكيّة للمفردات، آملاً ألّا ينفّر ذلك قرّائي الكنديّين.

أرحّب بآراء القرّاء على الإيميل التالي:

insearchoftime@hotmail.com

المقدّمة

- إن كنّا واعين لأيّ شيء، فهو مرور الزمن.

• جي. سي. لوكاس / مقال عن الزمان والفضاء

- الزمن يمضي. اسمعوا. الزمن يمضي.

• ديلان توماس / Under Milk Wood

«لقد حللتُ المشكلة تماماً!» قال ألبرت آينشتاين الشابّ بحماس لصديقه ميشيل بيسو في أيّار 1905، «الحلّ الذي توصّلتُ إليه هو تحليل مبدأ الزمن». بيسو، زميلُ آينشتاين في مكتب براءات الاختراع في بيرن، سويسرا، كان أوّل من اطّلع على السرّ الذي سيعرفه العالَم بأسره بعد شهر، أو على الأقلّ، أولئك الذين يقرؤون مجلّة «حوليّات الفيزياء» Annalen Der Physik بانتظام. رغم ذلك، ستنقضي أربع عشرة سنة قبل أن يصبح آينشتاين مشهوراً.

مقالُ آينشتاين الرائد، وهو حصيلة أربعة عشر عاماً من الدراسة المعمّقة والتجارب الفكريّة العبقريّة، كان محاولة للتوفيق بين نظريّة ماكسويل في الكهرطيسيّة، والأفكارِ الراسخة عن الحركة النسبيّة التي تعود بجذورها إلى غاليليو، ومثّلت مشكلة ملحّة تحدّتْ ألمعَ العقول في ذلك الوقت. ظهر مقاله تحت عنوان بريء: «عن الديناميكيّة الكهربائيّة للأجسام المتحرّكة»، لكنّه غيّر كلّ شيء! فجأة، أصبح الزمن مرناً مثل المطّاط، وأصبح الزمان

والمكان مترابطين على نحو وثيق، وبدت المفردات البسيطة مثل «الآن» كأنّها تفقد معناها كلياً.

سبّب المقال صدمةً لأنّ الزمن بشكل خاصّ -كما ساد الاعتقاد- بسيطٌ جدّاً، ويبدو أنّه ما يزال كذلك اليوم بعد أكثر من مئة عام على اكتشاف آينشتاين الرائد ذاك. الزمن يحيط بنا، يغلّف عالَمنا ويُعَرِّفه، ويتردّد صداه في كلّ ساعة من ساعات صحونا: الزمن هو أساس تجربة الوعي.

وأيضاً:

الزمن يجري، أو يبدو كأنّه يجري. «النهر» هو المجاز المفضّل للتعبير عن جريانه، نحن نتخيّله كجدول لا يتوقّف، يقرّب لنا المستقبل وينقل أحداث الماضي إلى الخلف. من ناحية أخرى، يمكن أن نتخيّل الزمن كمشهد ثابت نبحر نحن خلاله. هناك مجاز أكثر حداثة وهو «برجكتور عرض الأفلام»: يمكننا أن نشبّه الأحداث بلقطات فيلم، يُضاء كلّ منها لفترة وجيزة جدّاً بضوء «الآن» لحظيّة، من ثمّ تتقهقر اللقطة نحو الماضي وتندفع الأحداث المستقبليّة -اللقطات اللاحقة- نحو العدسة، وكلّ منها يمرّ بـ «الآن» الوجيزة الخاصّة بها وفق الترتيب المحدّد.

باعتماد أيّ من المجازين، سيبدو لنا الوقت كأنّه ينساب باتّجاه واحد، ويقودنا من الأحداث الثابتة في الماضي نحو المستقبل المجهول دون انقطاع. ما إن نلفظ كلمة «الآن» حتّى تحلّ مكانها «الآن» أخرى، «الآن» السابقة ضاعت في الماضي واختفت إلى الأبد. لا يمكننا أن نغيّر الأحداث التي وقعت قبل خمس ثوانٍ، تماماً مثلما لا نستطيع أن نزور معركة هاستينغز، أمّا المستقبل -حسب دوره- فيندفع باتّجاهنا ولا يمكننا إيقافه، قد لا نكون واثقين ممّا سيحمله لنا لكنّه سيصل بكلّ تأكيد.

إن بدت الوقائع السابقة بديهيّة، بل وربّما ساذجة، فذلك يعكس مقدار رسوخ أحاسيسنا تجاهها. يتعلّم الأطفال الصغار بسرعة كلمات مثل «الأمس»، «اليوم»، و«الغد» وكذلك «الماضي»، «الحاضر»، و«المستقبل». نحن نفكّر بالوقت على أنّه سلعة، نحاول أن «نوفّر» الوقت، نكره أن «نضيّع» الوقت، نقول إنّنا «سنجد» وقتاً للقيام بنشاط نحبّه، وعندما نريد أن نلتقط

أنفاسنا نطلب وقتاً «مستقطعاً»، نقول إنّ الزمن «يطير» عندما نستمتع بأمر ما، وإنّه «يزحف» عندما نكون في عيادة طبيب الأسنان، رغم معرفتنا أنّ كلّ ما سبق غير صحيح. نحن نثق بأنّ ساعاتنا تسجّل الزمن بدقّة، وهو الاعتقاد السائد في عصرنا –عصر التجهيزات التي تعتمد على أشباه النواقل semiconductors– أكثر من أيّ وقت مضى، لكنّنا نعتقد أيضاً أنّ الزمن يمضي دون انقطاع حتّى ولو لم توجد بقربنا ساعة تدلّ على مروره. علّق أرسطو قبل 2300 سنة: «حتّى ولو كنّا موجودين في مكان مظلم دون أن نقوم بأيّ فعاليّة حركيّة، سنعتقد على الفور أنّ بعض الوقت قد انقضى بمجرّد أن تمرّ فكرة ما في أذهاننا». إسحاق نيوتن بدوره اعتقد أنّ الزمن ينساب بالطريقة ذاتها حتّى ولو لم يوجد معنا ما يدلّ على مروره، لكن كما سنرى، نيوتن ليس صاحب الكلمة الفصل في هذه المسائل، ولا آينشتاين كذلك... المشكلة التي حلّها عام 1905 كانت لغزاً واحداً فقط من ألغاز الزمن العديدة، فالزمن لم يكشف كلّ أسراره بعد!

التناقض الأعظم بما يتعلّق بالزمن هو أنّه مألوف تماماً، لكنّه غامض كليّاً: لا شيء أهمّ منه، لكنّه قَصيٌّ. أن تكون إنساناً يكافئ أن تعي مرور الزمن، إذ لا يوجد مفهوم أقرب منه إلى جوهر وعينا. مع ذلك، من بوسعه أن يُعَرِّف الزمن؟! إنّه غير ملموس بتاتاً، لا نستطيع رؤيته ولا سماعه ولا شمّه ولا تذوّقه أو لمسه، لكنّنا «نشعر» به، أو على الأقلّ «نعتقد» أنّنا نفعل، وهذا كما سنرى ليس مجرّد تلاعب بالكلمات: ما زال الفلاسفة والعلماء يتناقشون بما نعنيه عندما نقول عبارات بسيطة مثل «الوقت يمرّ».

الزمن مرتبطٌ بالتغيّر: نحن نلاحظ «هذا» في وقت معيّن، من ثمّ في وقت لاحق، نلاحظ «ذاك»، وبالتالي نربط التغيّر الحاصل مع مرور الوقت. لا عجب إذن أن يُعرَّف الزمن أحياناً على أنّه «طريقة الطبيعة بمنع حصول كلّ الأمور معاً». رغم ذلك، ربطُ الزمن بالتغيّر ينقصه شيء ما، لأنّ مرور الزمن جوهريّ أكثر كما يبدو لنا... لا عجب أنّ الشعراء والفلاسفة والكتّاب والعلماء يتصارعون مع فكرة «الزمن» منذ قرون!

إذاً، سأطرح السؤال مجدّداً: ما هو الزمن؟

قد يجيبني طفلٌ: «إنّه ذلك الشيء الذي يمرّ حتّى ولو كنتَ واقفاً دون حركة»، أو ربّما: «إنّه ما تقيسه الساعة». هل بإمكان الراشدين تقديم جواب أشمل؟ «إنّه بُعْدٌ مثل المكان» أجابني شخصٌ ما يتذكّر اكتشاف آينشتاين بصورة ضبابيّة، لكنّ الزمن يبدو مختلفاً عن المكان.

مشكلة تلك الإجابات (والعديد غيرها) عن الزمن، أنّها تصبح قاصرة أكثر فأكثر كلّما فحصناها بشكل أدقّ. نحن نقول إنّ الزمن «يحيط بنا» وإنّه «يحدّد» عالَمَنا، لكن هل هذا صحيح بالنسبة لجميع الناس، أم أنّه ينطبق مبدئيّاً على حضارتنا الغربيّة المهووسة بالوقت فقط؟ هل سيقلق راهب بوذيّ بسبب موعدٍ مثلما يقلق مقاول في وول ستريت؟ سنلاحظ أنّ الأطفال يتعلّمون أن يقولوا «الماضي، الحاضر، المستقبل» فقط في الحضارات التي يعتبر الأهل فيها أنّ هذه المصطلحات مهمّة، أمّا في الحضارات الأخرى كما سنرى، تلك المفردات –وربّما المفاهيم التي تمثّلها– غير موجودة.

من ثمّ، ذلك الشعور المبدئيّ، الشعور بأنّ الوقت «يمرّ»، ما هو المعنى الذي نقرنه مع هذه العبارة؟! نقول إنّ الزمن يجري مثل النهر، لكنّ النهر «يجري» بالنسبة إلى ضفّته الثابتة. إذن، نسبة إلى ماذا يجري الزمن؟! النهر يجري بسرعة ألف غالون في الثانية مثلاً، الوقت يجري بسرعة... ثانية في الثانية؟! هذه العبارة لا معنى لها، وفي الحقيقة، سيجبرنا مثل هذا الافتراض على تخيّل زمن ثانويّ أو «زمن فائق Hypertime» ينساب وقتنا الأوليّ بالنسبة إليه، وإن انساب ذلك الزمن الثانويّ سنصبح بحاجة إلى زمن ثالثيّ... وهكذا! بالتالي، تلك العبارة لا تقدّم فائدة. لا عجب أنّ القديس أوغسطين من هيبو (354–430م) الذي أمضى سنوات وهو يفكّر بمعضلة الوقت، وصل إلى لحظة يأس عميق! «إذاً، ما هو الزمن؟ أنا أعرف بيني وبين نفسي» تحسّرَ، «لكن إن رغبتُ بشرحه لشخص ما يسألني، لن أعرف». في نهاية المطاف، شكّ أوغسطين أنّ الزمن موجود فقط داخل رؤوسنا، وأنّه مجرّد شيء تركّبه عقولنا. خلال القرون اللاحقة، توصّل فلاسفة آخرون إلى الاستنتاج ذاته... لكنّ الوقت يبدو بالنسبة لنا حقيقيّاً أكثر، أليس كذلك؟!

لقد ساعدنا العلم، رغم أنّه زاد غموض اللغز! نظريّة النسبيّة التي وضعها آينشتاين أظهرت لنا أنّ المفاهيم اليوميّة مثل «الآن» تفقد معناها في الزمان–

المكانيّ Spacetime الرباعيّ الأبعاد. ما هي الساعة «الآن» في مجرّة أندروميدا؟ لا توجد إجابة لها معنى، لذلك، لا تنزعجوا إن حيّرتكم أيّ من تلك المعضلات، لقد حيّرتْ آينشتاين قبلكم كما سترون.

الصدمة الكبرى: الفيزياء لا تفرّق بين الماضي والمستقبل! يتصوّر بعض الفيزيائيّين الزمنَ على أنّه هو والمكان عبارة عن مقطع واسع، يحتلّ فيه الماضي والحاضرُ والمستقبلُ الحالةَ ذاتها، أمّا «الآن» فتُختَزَل إلى علامة شخصيّة، تماماً مثل «هنا». يعتقد فيزيائيّون آخرون أنّ الزمن حقيقيّ بحدّ ذاته، لكن مروره أو انسيابه هو محض وهمٍ صنعيٍّ، ناجم عن الطريقة التي يتلقّى فيها دماغ المراقب الواعي ما يحيط به. في غياب المراقب الواعي، لا يمرّ الوقت... إنّها أصداء أوغسطين!

معاناتنا لفهم ماهيّة «الزمن» لم تشكّل قط عائقاً أمام هوسنا بقياسه، تصارع العلماء والفلاسفة مع معناه، بينما أبدى الحرفيّون والصنّاع من كلّ أنحاء العالَم إبداعاً غير محدود في قياس مروره على جميع المستويات الصغرى والكبرى.

لقد قام البشر بتتّبع مرور الزمن بطريقة ما أو بأخرى منذ أن وُجِد جنسنا على الكرة الأرضيّة. لا بدّ أنّ الدورات الطبيعيّة الواضحة -اليوم، الشهر القمريّ، السنة- شدّت انتباه أسلافنا (على عكس سكّان المدن اليوم، استمتع أجدادنا بالسماء في الليل الدامس، ولا بدّ أنّ حياتهم تأثّرت بحركة الأجرام السماويّة). طقوس الدفن -بما فيها الأغراض التي توضع في القبر- التي تشير إلى مفهوم «الأبديّة»، تعود بتاريخها إلى عشرات آلاف السنين.

تسجيل الأزمان التاريخيّة كان أوضح بكثير، كلّ الحضارات القديمة طوّرت تقويماً خاصّاً بها لمراقبة دورات الطبيعة، وصل في كثير من الأحيان إلى مستوى عالٍ من الرقيّ والتعقيد. تقويمنا الحاليّ يعود بجذوره إلى مصر وبابل، مع تعديلات معاصرة قليلة. بإضافة سنة كبيسة كلّ ثلاث سنوات (شكراً يوليوس قيصر!) وليس «حذف» ثلاث سنوات كبيسة كلّ أربعمئة عام (شكراً أيّها البابا غريغوري الثالث عشر!) استطعنا أن نضمّ الأيام بعضها إلى بعض لنجعلها سنواتٍ، بطريقة تحاكي دوراتِ الطبيعة بدقّة مقبولة.

التقويم الغريغوريّ كما سيمرّ معنا، كان واحداً من حلول عديدة للحفاظ على التزامن مع دورات الطبيعة تلك.

اعتقدت بعضُ الحضارات القديمة أنّ الزمنَ دوريٌّ، تتكرّر فيه الأحداث دائماً وأبداً. بالنسبة لحضارات أخرى، كان الزمن بحدّ ذاته مجرّد انتقال إلى حالة جديدة من «الوجود»، سواء كانت حالة بشريّة أم لا. اللّاهوت اليهوديّ- المسيحيّ تخيّل حياةً بعد الموت، لكنّ تصوُّرَه للتاريخ كان مختلفاً كليّاً: الأحداث تتالى بتتابع فريد تحت نظرة الربّ اليقظة، بدءاً من لحظة خلق وحيدة وصولاً إلى يوم الدينونة الحتميّ، وهي نظرة خَطيّة وضعيّة للزمن. مفهوم الزمن الخطيّ هذا كما يجادل المؤرّخون، أصبح حجر الزاوية في تفكير العالَم الغربيّ، وربّما مهّد الطريق لكلّ من الثورة العلميّة والثورة الصناعيّة، اللتين حرّضتا بدورهما حبّاً للمنطق وإحساساً بالتقدّم. مع نهاية القرن السابع عشر، تصوّر الأوروبيّون الزمن على أنّه كينونة مجرّدة، ومستقلّة تماماً عن نشاطات الإنسان أحياناً.

الزمن هو الآن في كلّ مكان: الثواني تتالى على شاشات الساعات الرقميّة والهواتف المحمولة والكمبيوترات، الشبكات الإلكترونيّة التي تربط عالَمنا تعتمد على إشاراتٍ من الساعات الذرّيّة المتزامنة بدقّة تصل حتّى أجزاء المليار من الثانية، في الألعاب الأولمبيّة قد يحدّد جزءٌ مئويٌّ من الثانية الفرقَ بين الميداليّة الذهبيّة والميداليّة الفضيّة، طرفة العين هي بمنزلة أبديّة بالنسبة للفترات القصيرة التي يقيسها الفيزيائيّون عندما يقسّمون الأحداث إلى فواصل صغيرة تبلغ 100 آتو ثانية Attoseconds (ما هو مقدار ضآلة ذلك؟ مئة آتو ثانية بالنسبة للثانية الواحدة، تشبه ما تمثّله ثانية واحدة مقارنة مع 300 مليون سنة).

يهتمّ البشر بالزمن أكثر من أيّ جنس آخر، لكنّ جميع المخلوقات الحيّة تستجيب لدورات الزمن، فكلّ النباتات والحيوانات تمتلك «ساعة داخليّة» تُبقي إيقاعها متناغماً مع بيئاتها الطبيعيّة. العضو المسؤول بشكل رئيسيّ عن إدراكنا للزمن هو الدماغ بالطبع، نحن نتلقّى تشكيلة واسعة من المعلومات الحسيّة الفوضويّة من بيئتنا، ثمّ نرتّبها إلى صورة ذات مغزى عمّا يحيط بنا، صورة متغيّرة باستمرار، تتطوّر عبر الزمن، وهي متجذّرة فيه كذلك. يتمتّع

البشر بمقدرة فريدة معقّدة على تشكيل وتخزين وتذكّر تلك «الصور» العقليّة، والذاكرة على ما يبدو تتعلّق كلياً بالزمن: «الآن» قد تكون لحظة عابرة، لكنّها قد تدوم لعقود في عقولنا. ذكريات التجارب القويّة المؤثّرة -قبلتنا الأولى، ولادة طفلنا، موت شخص نحبّه- خصوصاً قد تدوم مدى الحياة.

نحن لا نستمتع فقط بتذكّر الماضي، بل نتخيّل المستقبل أيضاً. في الواقع، يمكننا أن نتجوّل ذهنياً عبر العصور المختلفة، نتنقل بسهولة من تخيّل قائد المئة الرومانيّ إلى تخيّل مركبة فضائيّة بين المجرّات. قد لا يكون تصوّرنا دقيقاً بل أشبه بالكاريكاتير المحض أحياناً، لكن قصدي هنا هو أنّ قدرتنا على التفكير بتلك الأفكار تميّزنا عن باقي المخلوقات الحيّة: نحن مخلوقات الزمن، ونحن متجذّرون فيه.

حتّى ولو لم يكن هناك مؤرّخون ولا علماء آثار -ولا حتّى بشر- الكون بحدّ ذاته سيسجّل ماضيه: ليس من السهل فكّ شيفرة تلك السجّلات، لكن باستعمال الأدوات المناسبة نستطيع أن نقرأ كتب التاريخ التي دوّنتها الطبيعة. الأحفوريّات على سبيل المثال تخبرنا عن أجناس النباتات والحيوانات التي انقرض الكثير منها، والذرّات المشعّة تخبرنا كم عاشت. الوديان الصخريّة تثبت لنا مرور آلاف السنين من الحتّ والتعرية، الكون بحدّ ذاته كما اكتشف علماء الفلك يحمل أصداء شبابه: فوتونات ضوئيّة تراقصت عبر الكون طيلة 14 مليار سنة! هذا الرقم المدوِّخ -14 مليار سنة- هو التخمين الأفضل عن عمر الكون، أي أنّه تقديرنا الأمثل للزمن الذي انقضى حتّى الآن. في الفصول الختاميّة من الكتاب سنفحص البراهين على ذلك الاكتشاف المميّز، كما سنلقي نظرة على المستقبل، والوقت المتبقّي لنا.

بجميع الأحوال، الوقت المتبقي لنا أكثر من ذاك الذي انقضى، الكون يبدو شاباً. مع ذلك، المدى الذي انقضى منذ بداية الكون العنيفة وحتّى الآن، مدهش! إنّه أطول بكثير من المدى الذي ظهرت خلاله مخلوقات أشبه بالقرود تمشي منتصبة على كوكبنا، وهذا بدوره يقزّم الفترة التي قضيناها بصنع الساعات والتقاويم، وباستعمال الأدوات العلميّة لاكتشاف عالَمنا.

خلال العقود القليلة الماضية، بذل أرباب العلم جهداً منسّقاً لمحاكاة

تلك القفزة الزمنية. مثلاً: تحديد الأيونات على امتداد رصيف طويل (في مركز روز للأرض والفضاء في نيويورك)، أو بشريط قياس أصفر عملاق (كما في مركز أونتاريو للعلوم في تورنتو)، أو بسجلّ طبيعيّ للأحفوريّات يعرض تاريخ الأرض الجيولوجيّ (كما في «سجلّ الزمن» الجديد في غراند كانيون)، تلك المحاكاة في الواقع تقايض الزمن بالمكان: لا نستطيع أن نرى الزمن، لكنّنا نستطيع أن نرى انعكاسه بشكل ملموس أكثر في الخشب أو ألياف الزجاج أو الفولاذ... ربّما هذا هو أفضل ما نملكه في صراعنا لتخيّل الزمن.

خلال مليارات السنين تلك، من يعلم كم من الأجناس تطوّرت على ملايين الكواكب؟! ربّما تأمّلت بعض تلك الكائنات طبيعةَ الزمن، وهذا بالطبع مجرّد تكهّن. ما نعرفه هو أنّ جنساً واحداً على الأقلّ، الإنسان العاقل Homo Sapiens قام بذلك. في الحقيقة، لقد أصبحنا مهووسين بذلك البُعد المثير للفضول!

في الفصول التالية، سأفحص نظريّات بعض ألمع المفكّرين حول الزمن، بدءاً من أرسطو إلى نيوتن إلى ذلك الشابّ من مكتب براءات الاختراع ألبرت آينشتاين. سنلتقي أيضاً بالعديد من المفكّرين البارزين في عالمنا اليوم: روجر بنروز، بول ديفيس، جوليان باربور، ديفيد دويتش، لي سمولن، وآخرون. سنلقي نظرة على اكتشافات الفلاسفة وعلماء الفيزياء وعلماء النفس وعلماء الأعصاب في مجال الزمن، وكيفيّة إدراك الحضارات المختلفة - في الماضي والحاضر - لطبيعة الزمن المخاتلة ومروره الظاهريّ.

رحلتنا ليست بحثاً تامّاً بلا شكّ، إن كان مثل هذا الكمال ممكناً أصلاً! عوضاً عن ذلك، ستكون رحلة وجيزة، لكنّني آمل أن تكون مؤثّرة.



الساعةُ السماويّةُ الدقيقةُ

دوراتُ الزمنِ الطبيعيّةُ

– الاكتشـافُ الأوّلُ العظيـمُ كان الزمـنَ،
مسرحَ التجارب.
• دانيل بورستِن «المستكشفون»

تقع مدينة دْرُويْدا Drogheda إلى الشمال من مدينة دبلن، وتبعد عنها نصف ساعة فقط إن سافرتم بقطار «إنترسيتي»، لكنّها لا تتصدّر خرائط الرحلات السياحيّة في إيرلندا. حتّى لونلي بلانت Lonely Planet التي مدحتِ المقاطعات المجاورة بسبب ثرائها التاريخيّ والطبيعيّ، وصفتْ هذه المدينة الساحليّة الصغيرة بأنّها «مجرّدةٌ من السحر». بأيّ حال، تحسّن المشهد على نحو ملحوظ عندما انطلقت بي التاكسي غرباً، إذ اختفت تجمّعات المنشآت الصناعيّة في درويدا تدريجيّاً، وحلّت مكانها سلاسل من الهضاب الوطيئة ووديان مقاطعة ميث الخضراء. بالتعمّق عدّة كيلومترات نحو الداخل، سأصل إلى صرح من أهمّ صروح ما قبل – التاريخ في كلّ أوروبا، وهو «قبرُ المعبَر» The Passage Tomb في نيوغرانج.

معظم زوّار نيوغرانج يأتون من جنوب نهر بوين عبر مركز الزوّار الرئيسيّ، لكن بالنسبة لموعدي الصباحيّ المبكّر كان عليّ القدوم من شمال النهر الشهير مروراً بمزرعة نيوغرانج، حيث تتعالى زقزقة الطيور ورنين أجراس الأبقار. ما إن اجتازت السيّارة المنعطف الأخير حتّى لاح الصرح التاريخيّ أمامي: دائريّ

الشكل، منخفضاً، يغطّيه العشب، قطره ثمانون متراً تقريباً وارتفاعه اثنا عشر متراً، جدرانه الخارجيّة مرصوفة بقطع من الكوارتز الأبيض التي تبرق في ضوء الشمس. استقبلتني كلير تافي من مكتب الشؤون العامّة الذي يدير الموقع، وتسلّقنا أنا وهي دون عناء التلّةَ الوطيئة التي تقود إلى مدخل القبر الرئيسيّ.

يرجع تاريخ القبر كما شرحت لي تافي إلى عام 3100 ق.م تقريباً، ممّا يجعله أقدم بخمسة قرون من الهرم الأكبر في الجيزة في مصر، وأقدم بألف عام بالتمام والكمال من صخور «تريليثون trilithons» الموجودة في مركز ستونْهِنج Stonehenge.

النيوليثيّون[1] الذين عاشوا في إيرلندا في ذلك الوقت كانوا مزارعين بلا شكّ، يزرعون الحبوب ويربّون المواشي. نهر بوين، قالت تافي وهي تشير إلى النهر المختبئ بين الأشجار والتلال الوطيئة، كان بمنزلة الطريق الرئيسيّ بالنسبة لهم. لقد زرعوا الأرض طيلة ألف عام على الأغلب، قبل أن يبدؤوا بالبناء في نيوغرانج. «أدواتهم كانت مصنوعة إمّا من الحجارة أو من الخشب، لا من المعادن» نوّهتْ تافي، كما جلبوا الكوارتز من منطقة تقع في مقاطعة ويكلو اليوم وتبعد ثمانين كيلومتراً! لا يمكن للمرء إلّا أن يتخيّل الجهد الجبّار اللّازم لنقل، وتقطيع، ورفع ألفي كتلة صخريّة استُخدِمتْ لبناء الصرح!

مررنا بجانب المدخل المبنية جدرانه من الحجر الرمليّ الغنيّ بالزخارف، ووصلنا إلى بوّابة حديديّة تحمي الصرح. فتحتها تافي، وخطونا إلى الداخل ونحن نخفض رأسينا لأنّ السقف منخفض. صحيح أنّ القبر دائريّ من الخارج، لكنّه متطاول وضيّق من الداخل، ويتّجه عميقاً نحو المركز. مشينا بحذر إلى آخر الحجرة، وسرعان ما أصبح المدخل خلفنا عبارة عن مربّع ضئيل بعيد من الضوء، ولولا المصابيح الكهربائيّة المثبّتة على السقف كلّ بضعة أمتار لكان الظلام دامساً... لا عجب أنّ زوجاً من الخفافيش وجد المكان مثاليّاً لبناء عشّ!

يمتدّ القبر من الداخل إلى مسافة خمسة وعشرين متراً، وبالكاد يتجاوز

1- يعرف العصر النيوليثيّ أيضاً بالعصر الحجريّ الحديث، وهو المرحلة الأخيرة من عصور ما قبل التاريخ، يبدأ في عام 12000 ق.م تقريباً وينتهي ما بين 4500–2000 ق.م حسب المنطقة. شهد استقرار الإنسان في تجمّعات دائمة، وظهور الزراعة وتدجين الحيوانات. المترجمة

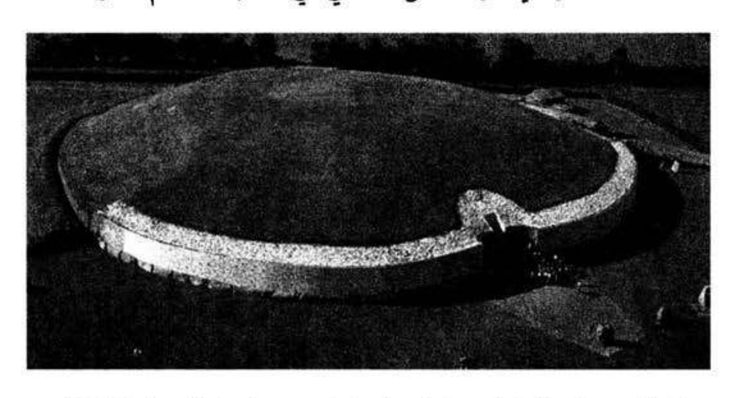
عرضه المتر. في نهايته البعيدة توجد ثلاث حجيرات صغيرة تتفرّع من الممرّ الرئيسيّ، ممّا يعطيه شكلَ صليب متطاول. رغم أنّه معروفٌ بالنسبة للإيرلنديّين المعاصرين منذ القرن السابع عشر، لكنّه لم يُستكشَف حتّى بداية حقبة 1960، عندما عثر عالم الآثار مايكل أُوكِلِي وفريقه على بقايا عظام متفحّمة لخمسة أشخاص على الأقلّ، ممدّدة على ما يشبه الأحواض الحجريّة ضمن الحجيرات الصغيرة تلك، كما اكتشفوا أيضاً أعمالاً فنيّة مثيرة تعود للعصر النيوليثيّ: زخارف تشبه الأشكال الهندسيّة تغطّي العديد من الأحجار، أشدّها تعقيداً يمثّل ثلاثة لوالب متداخلة موجودة في آخر القبر. عندما وقفنا في الحجرة الخلفيّة، وجّهت تافي مصباحها إلى طبقات من الأحجار المرصوفة في أقواس فوقنا. «لم يخضع السقف للترميم، لكنّه يقاوم تسرّب المطر حتّى بعد أن عانى خمسة آلاف عام من الطقس الإيرلنديّ»، قالت. لماذا تكبّد المزارعون النيوليثيّون كلّ ذلك العناء لحماية عظام موتاهم من بعض الماء؟! ربّما لأنّهم اعتقدوا أنّ أرواح أسلافهم تتابع الحياة كما خمّنت تافي، ثمّ ذكّرتني بابتسامة أنّ بلدها معروف بالأمطار الغزيرة رغم أنّ الشمس ساطعة اليوم. «قد يكون هذا هو تصوّر أيّ شخص إيرلنديّ عن الفردوس: أن تنعم بالجفاف إلى الأبد!»، علّقتْ.

في الحقيقة، ما يدهشنا في نيوغرانج ليس جدرانه ولا سقفه ولا زخارفه، وإنّما أمرٌ لا نراه في مكان محدّد بل في «زمن» محدّد بالأحرى. كلّ شتاء، في صبيحة أقصر نهار في السنة –الانقلاب الشتويّ– تخترق أشعّة الشمس كوّة صغيرة موجودة فوق المدخل الرئيسيّ تُسمّى «صندوق السقف»، وتنير نهاية القبر. هذا الحدث البريء ظاهريّاً –شعاع ضئيل من ضوء الشمس يتسلّل لبرهة وجيزة إلى غرفة دفن مظلمة في قلب الشتاء– هو ما يجعل نيوغرانج فريداً من نوعه: هذه الأحجار التي رزحت تحت وطأة الطقس الإيرلنديّ تسمح لنا بإلقاء نظرة –ولو خاطفة– على عقول أوّل من فكّروا بمسألة الزمن.

الشمس في الكهف

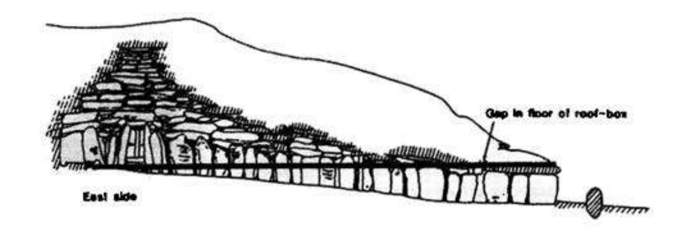
لو بُني «صندوق السقف» والممرّ بزاوية مختلفة قليلاً، لما شاهدنا ذلك

الحدث المميّز أثناء الانقلاب الشتويّ. هل هي صدفة؟ هل اختيار الزاوية عشوائيّ؟ «قطعاً لا»، يقول الفلكيّ توم راي من معهد دبلن للدراسات المتقدّمة، الذي درس هندسةَ نيوغرانج في حقبة 1980. «كعالِم فلك، وكعالِم رياضيّات، أنا أدرس الإحصائيّات وأقول إنّ احتمال بناء نيوغرانج صدفةً بهذه الطريقة هو احتمال ضئيل، ضئيل للغاية»، قال لي عندما زرتُه في مكتبه في دبلن. «كانت غايتهم إحداث توازٍ ما بين الشمس والكوّة» كما كتب آندرو باول في مجلّة بارزة متخصّصة بعلم الآثار قبل سنوات، وتوصّل إلى الاستنتاج ذاته: «لا شكّ أنّ هذا التوازي هو تفصيل أساسيّ في صلب تصميم القبر».



«قبر المعبر» النيوليثيّ في نيوغرانج، إيرلندا، يعود بتاريخه إلى عام 3200 ق.م

في صبيحة الانقلاب الشتويّ، تخترق أشعّة الشمس كوّة فوق المدخل وتضيء نهاية الغرفة الخلفيّة.



المستوى الثاني للجهة الشرقيّة من نيوغرانج،
الخطّ المستقيم يمثّل مسار أشعّة الشمس حوالي عام 3150 ق.م

التسمية المعاصرة للموقع بـ «نيوغرانج» مشتقّة من اللغة الغيليّة :Gaelic Uaimh na Gréine أي «كهفُ الشمس». في الواقع، قبل أن تنطلق التنقيباتُ الأثريّة الأولى في حقبة 1960، انتشرت أساطير محليّة عديدة عن أشعّة الشمس التي تدخل الكهف في توقيت محدّد كلّ سنة، ممّا جعل مايكل أوكلي يتساءل إن كان ذلك التوقيت متوافقاً مع الانقلاب الشتويّ، كما اكتُشِفَ في الصروح الأثريّة الأخرى التي تعود للعصر النيوليثيّ. لذلك، خيّم عند الكهف طيلة ليلة كاملة، واستيقظ باكراً صبيحة يوم 21 كانون الأوّل 1969 كي يتأكّد بنفسه (وكي يتأكّد أكثر، أعاد الكرّة في العام التالي). أخبرني راي القصّة مندهشاً نوعاً ما: «لستَ مضطرّاً لفعل ذلك!»

قال، «كلّ ما يلزمك هو إجراء بعض الاستقصاءات وستحصل على الإجابة... وهكذا، أمامنا تلك الصورة الرومانسيّة عن مايكل أوكلي، العالق في آخر الحجرة في أقصر نهار في السنة بانتظار أن تشرق الشمس. انظروا! لقد اكتشف أوكلي أنّ ضوء الشمس يدخل إلى الحجرة الرئيسيّة في نيوغرانج!».

كتب أوكلي في يوميّاته آنذاك:

«في الساعة 8:54 بالضبط بتوقيت غرينتش، بزغت الحافّة العلويّة لقرص الشمس فوق الأفق المحليّ. في الساعة 8:58 اخترق أوّل شعاع من الضوء صندوقَ السقف، واجتاز الممرّ حتّى أرضيّة حجرة القبر، وصولاً إلى الحافّة الأماميّة للحوض الحجريّ الموجود في نهاية الحجرة». ما نراه اليوم ليس المشهد نفسه بالضبط كما كان قبل خمسة آلاف سنة، لسبب واحد كما يشرح لنا راي، وهو أنّ ميلان محور الأرض يتذبذب بشكل دوريّ خلال فترة تمتدّ آلاف السنين: محور دوران الأرض حول نفسها مائل، ويرسم مساراً دائريّاً خاصّاً به بالنسبة للنظام الشمسيّ أثناء دوران الأرض يكتمل كلّ 26000 سنة. التذبذب الناجم عن دورانه –الذي يسمّيه الفلكيّون «تذبذبَ الدوران» Nutation– يسبّب بدوره تغيّراً دوريّاً في ميلان المحور: يميل محور الأرض اليوم بزاوية 23.5 درجة، أمّا في زمن بناء نيوغرانج فقد كان الميلان أكبر قليلاً، حوالي 24 درجة. نتيجة لهذا الانحراف الطفيف، يشرح راي، كان أقصرُ نهارٍ في السنة أقصرَ بقليل، وأطول نهار في السنة أطول بقليل آنذاك

ممّا هو عليه الآن، وهذا بدوره يؤثّر على توقيت الشروق والغروب. اليوم، في صبيحة الانقلاب الشتويّ -كما لاحظ أوكلي- تنقضي عدّة دقائق بين الشروق واختراق أوّل شعاع من أشعّة الشمس للكوّة وصولاً إلى نهاية القبر، لكنّ ذلك كان يحصل فوراً قبل خمسة آلاف عام. «كنتَ ستلتقط شعاع الشمس ما إن تشرق»، يعلّق راي.

ما يزال شروق الشمس صبيحة الانقلاب الشتويّ في نيوغرانج حدثاً مميّزاً. كلّ سنة، يشترك آلاف الناس باليانصيب كي يفوزوا بامتياز زيارة صباحيّة إلى القبر في الحادي والعشرين من كانون الأوّل. نظراً لأنّ المدخل الرئيسيّ يتزوّى نحو الأعلى، لا تسقط أشعّة الشمس الأولى على الجدار الخلفيّ بل -كما لاحظ أوكلي- تسقط على الأرض على بعد أمتار قليلة من نهاية القبر، وذلك الشعاع الأوّل هو ما يترقّبه الزوّار المحظوظون. «لا أحد يرفع عينيه عن الأرض»، تقول تافي التي لا بدّ أنّها شهدت تلك الظاهرة أكثر من أيّ شخص آخر خلال السنوات الماضية، «ستفقد إحساسك بمرور الزمن، ورغم أنّ الجميع يراقبون الأرض لكنّهم حتماً لن ينتبهوا للشعاع الأوّل!». سرعان ما يصبح الشعاع بطول وعرض قلم رصاص، تشرح لي، من ثمّ يزداد عرضه وطوله بسرعة ويزحف على الأرض. عندما يصل إلى منتصف الغرفة بعد دقائق قليلة، يصبح ضوءاً قويّاً مدهشاً عرضه عشرون سنتيمتراً تقريباً. «لونه دافئ وجميل» تقول تافي، «ومن ثمّ ينير الغرفة كلّها بحيث تتمكّن من رؤية أحجار السقف ووجوه الناس المجتمعين في الغرفة».

ما الذي يخبرنا به تموضعُ أشعّة الشمس بتلك الطريقة عن أناس العصر النيوليثيّ، الذين نقلوا صخوراً ضخمة كثيرة إلى هذا المكان، ورصفوها بطريقة دقيقة لبناء نيوغرانج؟ سنتخيّل أنّ بناة نيوغرانج -مثل أفراد أيّ مجتمع زراعيّ في عصرنا الحاليّ- أولوا اهتماماً كبيراً إلى تعاقب الفصول وحركة الأجرام السماويّة، خصوصاً الشمس والقمر. في أيّامهم، قبل وجود أضواء المولات والشوارع الساطعة، كانت السماء جليّة. صحيح أنّ طقس إيرلندا غائم غالباً، لكن في أيّ ليلة صافية خالية من الغيوم كانوا يشاهدون عرضاً ديناميكيّاً للأجرام السماويّة، ومن المستحيل أن يتجاهلوا انتظامَ

السماوات: شروق الشمس وغروبها كلّ يوم، تزايد وتناقص أطوار القمر كلّ شهر، وتعاقب الفصول كلّ سنة.

«لا بدّ أنّ علم الفلك كان من ضمن اهتماماتهم بكلّ تأكيد» كما يقول راي، لكنّه يحذّرنا مع ذلك من إسقاط مفاهيم غربيّة معاصرة على حضارة مختلفة تماماً عن حضارتنا. علينا أن نكون حذرين إزاء وصف أولئك المزارعين النيوليثيّين بـ«الفلكيّين»، أو اعتبار نيوغرانج «مرصداً فلكيّاً»، رغم أنّ الأكاديميّين من مختلف القطّاعات لا يمتنعون عن استخدام ذلك المصطلح كما سنرى لاحقاً -ممّا يغرينا بالإشارة إلى المرصد بـ: «تلك الكلمة»- عندما يناقشون المواقع النيوليثيّة المبنيّة بعناية. لا شكّ أنّ أولئك المزارعين الأوائل قد أولوا انتباهاً يقظاً للسماوات، «لقد اهتمّوا بكلّ تأكيد بالكوكبين الرئيسيّين، الشمس والقمر» يقول راي، «لا أعرف إن ارتبط ذلك بمضمون دينيّ، ولا أعتقد أنّ أحداً يعرف».

أشباهُ البشرِ الأوائلُ

لم يمتلك أسلافنا الأوائل ساعات أو تقاويم، لكن كان أمامهم ما ينوب عنها: الطبيعة! لا بدّ أنّ دورات الزمن اللّانهائيّة قد سحرت البشرَ الأوائل، عندما انعكست من خلال الحركات الدوريّة للأجرام السماويّة طيلة آلاف السنين. اليوم، ننظر نحن إلى الساعات على معاصمنا (وساعات LCD في هواتفنا الخليويّة) بينما كان أسلافنا يرفعون رؤوسهم كي ينظروا إلى الشمس والقمر والنجوم. من المحتمل أنّ نوعاً من الوعي البدائيّ نشأ في فترة أبكر، عندما خطا أسلافنا أولى خطواتهم في ذلك الزمن الغابر منتصبي القامة، وعندما صنعوا الأدوات الحجريّة الأولى، لكنّ استقراء الأفكار والمعتقدات اعتماداً على العظام والأدوات هو تحدٍّ ضخم يبعث على الإحباط، ونادراً ما تصمد أيّ فكرة -مهما بدت معقولة- أمام الشكوك. تعزّزت جهودنا في السنوات الأخيرة بالتطوّر الملحوظ في علم الجينات وعلم الإدراك المعرفيّ Cognitive science ودراسةِ الرئيسيّات، دون أن ننسى الاكتشافات الأثريّة، لكن كلّما أوغلنا أكثر بالزمن أصبحت الأدلّة مبعثرة وغامضة.

يعتقد الأنثروبولوجيوّن أنّ أشباه الإنسان Hominid –وهم أوّل أفراد الفصيلة البشريّة– امتلكوا نوعاً من إدراك الزمن قبل وقت طويل من ظهور جنسنا، جنس الإنسان العاقل Homo Sapiens بوصفه المخلوق المسيطر على كوكبنا[1].

امتلك أشباه البشر هؤلاء الذين عاشوا قبل ملايين السنين «مفهوماً بدائياً عن الزمن يماثل مفهومنا»، يجادل جون شي من جامعة ولاية نيويورك في ستوني بروك، لقد «فهموا ما هو الماضي، وفهموا ما هو المستقبل، وامتلكوا قدرةً على تصوّر المستقبل ترتبط باحتمال وقوع الأحداث: إن حصل هذا، سيحصل ذاك». لم يستخدم شي مفردة «وعي» –التي ترتبط بحمولة ضخمة من المعاني في العديد من التخصّصات العلميّة– لكن من المنطقيّ الافتراض أنّ كائناً واعياً لذاته ولبيئته سيتمتّع على الأقلّ بإدراك بدائيّ للزمن. امتلك أشباه البشر الأوائل إدراكاً كافياً للماضي وللمستقبل سمح لهم أن يعيشوا في زمر اجتماعيّة متعاونة، وأن يصطادوا الحيوانات الكبيرة في بيئات متنوّعة قاسية كما يقول شي. لقد استطاعوا أن يتعلّموا من تجارب الماضي، وأن يحاولوا التنبّؤ بما سيحدث في المستقبل، كما استطاعوا أن يميّزوا في أذهانهم بين مسارات مختلفة للأحداث، وأن يتخيّلوا ماذا سينجم عن كلّ واحد منها (يدعو علماء النفس هذا الأمر بـ«السفر ذهنيّاً عبر الزمن»، وسنلقي عليه نظرة أعمق في الفصل الخامس).

يمكن إيجاد البراهين على أنّ أسلافنا الأوائل خطّطوا للمستقبل حول

1- تصنيف البشر الأوائل والأجناس المرتبطة بهم يتغيّر باستمرار. في هذا الكتاب، سأستخدم مصطلح أشباه الإنسان Hominids للدلالة على جميع أفراد فصيلة البشر بمن في ذلك جنس الإنسان العاقل وأبناء عمومته المنقرضون الذين مشوا على ساقين، وهذا يشمل بشكل عامّ كلّ الرئيسيّات التي مشت منتصبة قبل أربعة ملايين سنة. بعض الأنثروبولوجيّين يعمّمون اليوم مصطلح Hominids أكثر ليشمل كذلك الآيب Apes الكبرى –وهو التعريف التقنيّ الجديد في الواقع– ويستخدمون مصطلح Hominan للإشارة إلى أجناس البشر وأشباه البشر بشكل حصريّ. بغرض التبسيط، سأستخدم مصطلح Hominid بمعناه التقليديّ، الذي ما يزال مستخدماً في الصحافة الشعبيّة بتلك الطريقة أيضاً (إحدى صديقاتي الأنثروبولوجيّات قالت لي إنّ التعريف الجديد يسبّب لها «أسى لا حدّ له»). فالك

ضفاف البحيرات القديمة في أفريقيا والشرق الأوسط، حيث عثر علماء الآثار على مخازن ضخمة عديدة من الأدوات الحجريّة التي صنعها البشر الأوائل، مكدّسة على ما يبدو في مواقع استراتيجيّة. ربّما، يقترح شي، أنّهم خطّطوا لتكديسها هكذا بحيث تجد القبيلة دائماً في متناول يدها موادَّ يمكن تحويلها إلى أسلحة إن دعت الحاجة. براعتهم في صنع تلك الأدوات تقترح بدورها درجةً من التخطيط: لم تُصمَّم الفؤوس المُشذّبة بدقّة لنحتِ الأدوات الحجريّة مرّة واحدة فقط، بل للاستخدام المتكرّر. لقد فهم أشباه البشر على ما يبدو الماضي والمستقبل بطريقة ما أو بأخرى، وشعروا أنّ بقاءهم لا يعتمد فقط على معرفة ماذا يوجد على التلّة التالية، بل على ما سيحصل أيضاً في اليوم التالي أو الفصل التالي. من الواضح أنّهم امتلكوا مفهوماً ما عن الزمن، مهما كان بدائيّاً.

من أكثر عاداتِ البشر الأوائل المثيرة للفضول -وربّما للجدل أيضاً- عادةُ الدفن الطقسيّ للموتى. ظهرت هذه الممارسة في الفصول الختاميّة فقط من قصّة أشباه البشر، وهي توحي على الأقلّ بوجود مفهوم الحياة والموت عند أسلافنا، وربّما مفهوم «الأبديّة» كذلك. تُشاهَد المظاهر الأولى للدفن المُمنهَج قبل مئة ألف عام خلت عند إنسان نياندرتال، وهو فرع من الفصيلة البشريّة عاش في أوروبا وغرب آسيا، أمّا الإنسان العاقل الحديث فقد طوّر طقوساً منمّقة أكثر. تستحقّ العلاقة المعقّدة بين هذين الفرعين من فصيلة البشر أن نقف عندها، قبل الانتقال لفحص طقوس الدفن بالتفصيل.

لقاءٌ للعقول

ظهر إنسان نياندرتال قبل 130 ألف سنة، وازدهر حتّى ما قبل 25 ألف سنة خلت. استقرّ أفراد هذا الجنس في المنطقة الجغرافيّة نفسها التي استوطنها الإنسان العاقل في الفترة ذاتها، وتداخل وجودهما معاً بكلّ تأكيد في جنوب غرب أوروبا خلال العصر الباليوليتيّ الأعلى[1] Paleolithic الذي يبدأ قبل

1- العصر الحجري القديم Paleolithic هو أقدم العصور الحجرية وأطولها، بدأ في أفريقيا قبل 2300000 سنة، وانتهى بحدود 12000 ق.م ويُقسم إلى أدنى وأوسط وأعلى. عاش فيه الإنسان متنقّلاً معتمداً على الصيد وجمع النباتات والثمار، وقام بصناعة الأدوات من الحجارة. المترجمة

حوالي 40 ألف سنة. اشترك الجنسان بالعديد من الصفات، مع ذلك لا مجال للخلط بينهما: إنسان نياندرتال كان قصيراً ذا بنية عضليّة ضخمة، جبينه أكثر انحداراً وقوسا حاجبيه أشدّ بروزاً من الإنسان العاقل. حتّى ولو حلق ذقنه وارتدى ثياباً عصريّة، ستلاحقه شهقات التعجّب إن مشى في شوارع أيّ مدينة من مدن القرن الحادي والعشرين. دماغه كان في الحقيقة أكبر من دماغ الإنسان الحديث، لكنّ الأمور لا تعتمد على حجم الدماغ فقط كما سنرى.

بعض خصال النياندرتال تبدو «بشريّة» على نحو ملحوظ: نحتَ أدوات حجريّة، تعلّم كيف يتحكّم بالنار، تغذّى على حميّة معتمدة على اللحوم بشكل رئيسيّ، واعتنى بالمسنّين والمرضى (كما هو واضح من عظام النياندرتاليّين الذين عاشوا سنوات طويلة رغم إعاقاتهم البالغة)، وهذا بكلمات الأنثروبولوجيّ ريتشارد كلاين «مؤشّر دامغ على كونهم شركاءنا بالإنسانيّة». مؤخّراً، احتدم الجدل حول ما إذا تزاوج جنس الإنسان العاقل وجنس إنسان نياندرتال. الرأي السائد اعتماداً على دراسات DNA وسجلّ الأحفوريّات، هو أنّ هذا التزاوج كان نادراً إلى معدوم. بأيّ حال، من الواضح أنّ نمط حياة إنسان نياندرتال ومقدراته العقليّة مختلفة تماماً عنّا.

لم يخلّف النياندرتاليّون وراءهم حليّاً أو آثاراً فنيّة، رغم أنّهم صنعوا رماحاً بأسنّة حجريّة وفؤوساً حجريّة. عموماً، صنعوا أنماطاً قليلة مميّزة من الأدوات، ونادراً ما استخدموا العظام أو العاج، كما لا يوجد دليل على الابتكار: كرّروا النموذج ذاته من الأدوات طيلة مئة ألف عام، ممّا دفع كلاين للاستنتاج بأنّهم لم ينقرضوا فقط «لأنّهم ببساطة لم يواكبوا متطلّبات عصرهم، بل لأنّهم كانوا غير قادرين على ذلك». على النقيض منهم، البشر الأوائل كانوا فنّانين ورسّامين ونحّاتين مبدعين.

يصبح التناقض بين الجنسين حادّاً عندما نقارن بين طقوس الدفن. مدافن النياندرتال هي عبارة عن حفر ضحلة تفتقر إلى أيّ من «مستلزمات القبر» التي لا تخطئها عينٌ، كما تفتقر كذلك إلى أيّ دليل على وجود طقوس مرافقة. ربّما كانت تلك المدافن مجرّد وسيلة «صحيّة» للتخلّص من الجثث لا أكثر، أمّا مع ظهور الإنسان الحديث فبدأنا نرى أدلّة واضحة على مستلزمات القبر: أدوات وحليّ وأشياء يُفتَرض أنّها ذات فائدة في الحياة الأخرى. الجدير

بالذكر هو أنّ الإنسان العاقل ظهر على الساحة في أفريقيا أوّلاً قبل مئتي ألف سنة تقريباً، لكنّ ممارسات الدفن المعقّدة لم تظهر إلّا في زمن أحدث يبدأ قبل خمسين ألف سنة، حين بدأ أسلافنا بدفن موتاهم بعناية وتكلّف.

الحياة والموت، وما بعدهما

في موقع يدعى سونجير في روسيا، وُجِدَ قبرٌ منمّق لعلّه الأفضل من نوعه، يعود للإنسان الحديث قبل 28 ألف سنة خلت. تستريح فيه عظام رجل مسنّ مع عظام مراهقَين اثنين، أحدهما ذكر والآخر أنثى. كلّ هيكل من الهياكل الثلاثة تزيّنه آلاف حبّات الخرز المصنوعة من العاج، يُفتَرض أنّها كانت مثبّتة على ثياب تحلّلت منذ زمن بعيد. الرجل يضع سواراً من العاج عليه بقايا طلاء أسود، الصبيّ يلبس حزاماً وهناك ماموث منحوت من العاج تحت كتفه، وحربة ضخمة منحوتة من ناب ماموث إلى يمينه. الفتاة ترتدي قلنسوة من الخرز، وإلى جوارها العديد من السكاكين أو الخناجر الصغيرة العاجيّة.

من الصعب ألّا نستنتج أنّ مواطني العصر الباليوليتيّ الأعلى أولئك توقّعوا «شيئاً ما» في عالمهم التالي، كما كتب عالم الآثار ستيڤن ميثن. لقد كانوا المخلوقات الأولى التي تقترح رؤيتها للعالَم إيماناً بكائنات ما فوق – طبيعيّة وربّما إيماناً بالحياة بعد الموت، وقد تدلّ طقوس الدفن المنمّقة الخاصّة بهم كما يقول ميثن على «ظهور الإيديولوجيا الدينيّة الأولى».

يصعب تعريف كلمة «الدِين» بالطبع، لكنّها بالنسبة إلى ميثن (وكذلك أغلب الأكاديميّين) تشمل افتراضَ الشخصِ المتديّن بأنّ الموت ليس نهائيّاً. لا بدّ أنّ أولئك الباليوليتيّين آمنوا بأنّ جزءاً غيرَ ماديّ يبقى من الشخص بعد موته، وهذا «الكائن» يحمل اعتقادات ورغبات تماماً مثل الكائن الحيّ. بكلمات أخرى، امتلك أسلافنا الباليوليتيّون صورة ذهنيّة للزمن على درجة من التعقيد بحيث تسمح بتخيّل حياة محتملة بعد الموت، وتخيّلِ زمنٍ يمتدّ من عالمهم ذاك إلى عالم آخر غير مرئيّ بالعين.

اختفى آخر النياندرتاليّين بعد حوالي عشرة آلاف سنة على وصول

الإنسان العاقل الحديث إلى أوروبا. تمتّع الوافدون الجدد بمزايا إضافيّة في الصراع من أجل البقاء، ويعتقد معظم الأنثروبولوجيّون أنّ مَلَكَة اللغة هي ما أكسبنا التفوّق. ربّما تواصل أشباه البشر الآخرون بمن فيهم إنسان نياندرتال باستخدام الشخير والإيماءات، لكنّ الإنسان الحديث طوّر لغة رمزيّة معقّدة، ومع الكلام تطوّرت القدرة على التجريد: طريقة للنظر إلى ما هو أبعد من «الآن» و«هنا». الإنسان العاقل Homo Sapiens كان صيّاداً مفكّراً يضع خططاً استراتيجيّة، ويملك إحساساً راقياً بالزمان والمكان.

في جميع الأحوال، ترافق ذلك الوعي بالزمن مع الإدراك بأنّ مدى حياة الفرد محدود. بكلمات المؤرّخ جي. تي. فريزر، معرفتنا بالزمن هي «سيف ذو حدّين يقطع باتّجاهين»: مقدرتنا على التخطيط للمستقبل سمحت لجنسنا بالازدهار، لكنّنا كما يضيف فريزر «دفعنا ثمن تلك الميزة بإحساس عميق بالقلق، متجذّر في حتميّة الموت والزوال».

الجدل حول عظْمة

هل كان البشر الأوائل دقيقين في تتبّع مرور الزمن؟

اكتُشِفَت عدّة مصنوعات يدويّة تعود للحقبة الباليوليتيّة تشبه التقاويم، أروعها هو لوح منحوت من العظام –جزء من جناح نسر– وُجِدَ في كهف من كهوف وادي دوردوني Dordogne في جنوب غربي فرنسا. الكِسرة، وهي أكثر مشغولات ما قبل التاريخ إثارة للفضول، تقيس حوالي 10 سم طولاً، ويعود تاريخها إلى ما قبل ثلاثين ألف عام. حُفِرَت على سطحها سلسلة من الثلمات المرتبّة بشكل صفوف من 14 أو 15 ثلمة، مسارها متعرّج يشبه الأفعى. اقترح عالم الآثار الأمريكيّ ألكساندر مارشاك الذي درس النقوش في حقبة 1960 أنّ الثلمات هي علاماتٌ إحصائيّة، الصيّاد الباليوليتيّ الذي حفرها كان يعدّ شيئاً ما... لكن ما هو؟! عدد الثلمات في كلّ صفّ كما لاحظ مارشاك يساوي تقريباً عدد الأيّام ما بين ظهور الهلال الجديد إلى اكتمالِ البدر، وما بين البدر المكتمل إلى غياب القمر (الدورة القمريّة الكاملة تعادل وسطيّاً 29.5 يوماً). اللوح كما قدّر، كان تقويماً قمريّاً بدائيّاً.

تلك القطعة أثارت اهتمام أنتوني آڤيني من جامعة كولجيت في شمال ولاية نيويورك، الذي درس باستفاضة الطرق التي استعملتها مجتمعاتُ ما قبل التاريخ والحضاراتُ غير الغربيّة لتسجيل الزمن. بدا آڤيني شبه مقتنع بافتراض مارشاك، ووصف اللوح العظميّ بأنّه «قطعة صغيرة ساحرة صنعها الإنسان»، رغم أنّه مدرك تماماً لوجود تفسيرات أخرى للثلمات: ربّما حفرها صيّاد كي يحصي عدد الطرائد التي قتلها، وربّما حفرتها امرأة لحساب موعد العادة الشهريّة، وربّما كانت القطعة ببساطة مجرّد أداة لشحذ السكاكين. يتساءل الأنثروبولوجيّون عموماً ما إذا امتلك الإنسان الباليوليتيّ مقدرة ذهنيّة كافية تسمح له بإنشاء تقويم زمنيّ يمتدّ عدّة أشهر، والاستمرارِ به. مع ذلك، يخمّن آڤيني أنّ تفسير مارشاك هو الصحيح: «أعتقد أن الموجود أمامنا هنا هو أحد أقدم التسجيلات لمرور الزمن، وهو يعبّر غالباً عن أطوار القمر»، كما يقول. رغم أنّ عظمة دوردوني تغطّي نظريّاً شهرين ونصف الشهر فقط من الشهور القمريّة، لكنّ آڤيني ينوّه أنّ معنى الثلمات المنقوشة عليها يمكن أن ينسحب بسهولة على فرضيّات أخرى من حيث المبدأ: ربّما قادت سلسلة أطول من الثلمات الإنسانَ لإدراك أنّ الفترة من بين الإلقاح والولادة هي تسعة أقمار، أو أنّ بعض الحيوانات والنباتات تصبح نادرة في فترات معيّنة، وربّما لاحظوا أيضاً أنّ الفصول تتكرّر بدورة طولها 12 أو 13 شهراً قمريّاً، لكنّه دعانا في الوقت نفسه إلى توخّي الحرص: «إخضاع قطعة أثريّة إلى انطباعنا الشخصيّ عمّن صنعها هو واحد من أكثر المجالات القائمة على التخمين في قطاع علم الآثار».

خلال الحقبة النيوليثيّة المتأخّرة ما بين 4000–3000 ق.م[1]، سيتجلّى الاهتمام بتسجيل مرور الزمن في عدد من أهمّ النصب الأثريّة وأكثرها إثارة للدهشة على وجه الأرض: في أرجاء أوروبا، ابتداءً من غرب البحر المتوسّط وصولاً إلى الجزر البريطانيّة، وعلى امتداد الساحل الشماليّ للمحيط

1- الحقب الثقافيّة مثل «النيوليثيّ» و «الباليوليتيّ» ليست مطلقة، لأنّها تبدأ وتنتهي في أزمنة مختلفة حسب المنطقة الجغرافيّة. التواريخ التي أوردها هنا تتعلّق بالعصر النيوليثيّ المتأخّر في أوروبا. فالك

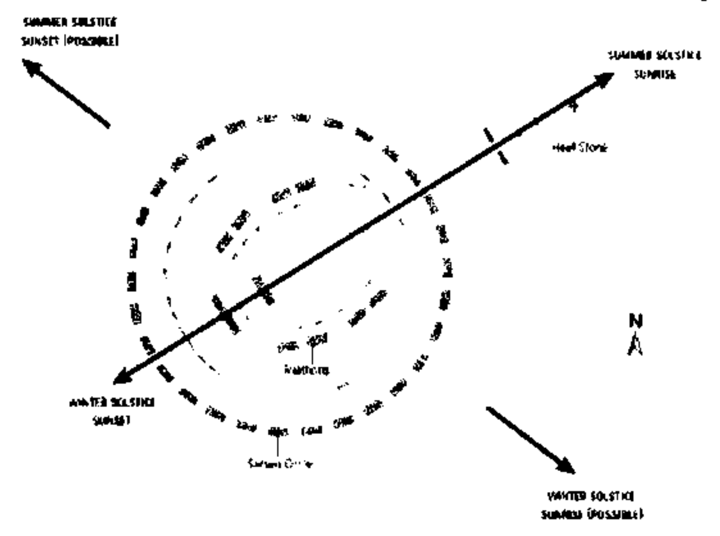
الأطلسيّ، شُيِّدَتْ نصب حجريّة ضخمة تُدعى بالميغاليث Megalith، ومن بينها عشرات الدوائر الحجريّة خاصّة في بريطانيا وإيرلندا. سبق أن ألقينا نظرة موجزة على نيوغرانج، وهو من أقدم المواقع التي يُعتَقد أنّها ذات أهميّة في مجال التقويم الزمنيّ، ستونهنج Stonehenge مشهور أكثر منه بالطبع، آفبوري Avebury القريب منه أضخم وأشدّ تعقيداً، وكالانيش Callanish الموجود على جزيرة لويس في الشمال الغربيّ من اسكوتلندا ينافس ستونهنج من حيث الحجم والرقيّ. فُسِّرَت هذه النصب جميعها على أنّها مراصدُ فلكيّة استُعمِلتْ لتعقّب حركة الشمس والقمر والنجوم، وهذه التفسيرات تثير الجدل -«تلك الكلمة» جدليّة دائماً- إلّا أنّ الافتراضات المبدئيّة مثل توازي المحور الأساسيّ لستونهنج مع شروق الشمس صبيحة الانقلاب الصيفيّ لا تقبل الشكّ. البنى الأقدم مثل «الروابي الجنائزيّة[1]» Long barrows المبعثرة في ريف بريطانيا الجنوبيّ الغربيّ، تُبدي توجّهاً شمسيّاً رغم أنّه أقلّ دقّة: بُنِيَ معظمها وفق محور شرق - غرب بحيث يواجه مدخلها الربعَ الشرقيّ من الأفق، لكنّ زوايا اتجاهاتها تغطّي فعليّاً مدى واسعاً، ممّا جعل بعض العلماء يقترحون أنّها تمثّل توجّهاً قمريّاً لا شمسيّاً.

لغزٌ على هضبة سالزبوري

يمكننا أن نتتبّع آثار ستونهنج Stonehenge إلى خمسة آلاف عام مضت، حين شُيّد أساسٌ ترابيّ دائريّ واسع قطره مئة متر تقريباً يحيط به خندق، وحُفِرتْ بداخله سلسلة من 56 حفرة مليئة بالكلس يعتقد علماء الآثار أنّها كانت مرتكزاً لأعمدة خشبيّة قائمة. استمرّت عمليّات البناء ضمن الموقع على فترات متقطّعة خلال القرون التالية، وبلغت ذروتها ما بين 2400–2100 ق.م، حين نُصِبَتْ حلقة كبيرة من الكتل الصخريّة القائمة تزن كلّ منها أربعين طنّاً وتدعى بأحجار سارسِن sarsen، نسبة للصخور الانزلاقيّة الصلدة التي استُعمِلتْ لتلك الغاية. يُتوَّج كلّ حجر من أحجار سارسن بكتلة صخريّة

1- روابي صنعيّة من التراب والخشب أو الحجارة، قد يصل طولها إلى 70 متراً، الكثير منها يضمّ رفاتاً بشريّاً ضمن ما يشبه حجرات مشيّدة بداخلها. تنتشر في أوروبا الغربيّة، ويعود معظمها للعصر النيوليثيّ الباكر. المترجمة

وزنها عشرة أطنان تتوضّع بشكل أفقيّ، وهذا بالطبع جهدٌ يُقَدَّر بملايين الساعات من العمل! داخل حلقة أحجار سارسن توجد حلقة أصغر من الأحجار المنتصبة تُدعى بـ «الأحجار الزرقاء» Bluestones، جُلِبَ بعضها كما قدّر العلماء من جبال برسيلي Preseli في ويلز التي تبعد ما يزيد على مئتي كيلومتر.



مخطط لستونهنج في جنوب غرب بريطانيا. التوجّه الشمسيّ واضح تماماً، المحور الرئيسيّ لحذوة الحصان المركزيّة التي ترسمها مجموعة التريليثون ترتصف مع شروق الشمس أثناء الانقلاب الصيفيّ (أو بشكل مكافئ، مع غروبها أثناء الانقلاب الشتويّ). اقتُرِحت أنماط أخرى لهذا الارتصاف لكنّها ما تزال موضع جدل.

في مركز ستونهنج توجد حلقة مكونّة من خمس «تريليثونات» Trilithons هائلة الحجم تتوضّع بشكل حذوة حصان، ويتألّف كلّ منها من كتلتين عموديّتين فوقهما كتلة أفقيّة. المحور الذي يقسم الحذوة بالتناظر يتوضّع على محور يتّجه من الجنوب الغربيّ إلى الشمال الشرقيّ، ويمرّ بحجر منعزل يدعى «حجر العقب».

نستطيع أن نتخيّل كاهناً أو زعيماً يراقب الأفق من مركز ستونهنج،

مستعملاً حجرَ العقب كأنّه منظار تسديد بندقيّة، كي يراقب طلوع الشمس في صبيحة الانقلاب الصيفيّ، وهو اليوم الذي تتوضّع فيه الشمس في أقصى الشمال على الأفق الشرقيّ. بشكل مكافئ، يمكن للمراقب أن يقف عند حجر العقب وينظر للجنوب الغربيّ، كي يراقب غروب الشمس أثناء الانقلاب الشتويّ. كلتا الحالتين صحيحتان على الأرجح، ويبدو أنّ النصب استُخدِم على أقلّ تقدير كنوع من الإطار المرجعيّ لمراقبة حركة الشمس، وربّما القمر والنجوم كذلك. ممّا لا ريب فيه أنّ تصميمَ ستونهنج وغيره من الميغاليث والدافعَ خلف تشييدها، يتعلّقان بالأحداث السماويّة. السؤال الذي يُطرَح هنا هو: كم عدد تلك الأحداث؟ وما هي الدوافع الأخرى التي قد توازيها بالأهميّة[1]؟

في حقبتي 1960 و1970، بلغ بعض المؤلّفين حدوداً متطرّفة في محاولتهم تقديم نظريّات عن الاستخدامات الفلكيّة لستونهنج والنصب النيوليثيّة الأخرى، وهي نظريّات تستدعي كثيراً من الجدل. مثلاً، ادّعى بعض الكتّاب المتحمّسين أنّ ستونهنج كان مرصداً معقّداً استُخدِمَ كآلة حاسبة تسمح –ربّما بالاعتماد على مواقع الأعمدة الستّة والخمسين المذكورة– بالتنبّؤ بالخسوف. تلك الحقبة التي أُطلِقَ فيها العنان لـ «الحماس السماويّ» على حدّ تعبير عالم الآثار والاختصاصي بعلم الفلك الأثريّ[2] كليف رَغْلز «هي مثال من بين أمثلة كثيرة سيّئة الصيت يسردها علماء الآثار عن عصر يحاول إعادة خلقِ الماضي وفقاً لصورته الخاصّة» (في تلك الحقبة التي حطّت فيها مركبة الفضاء أبوللو على القمر، ربّما كنّا ميّالين للاعتقاد بأنّ أسلافنا أيضاً كانت لديهم الطموحات الكونيّة ذاتها). يضيف رغلز: «لا يوجد سبب مهما

1- ملاحظة هامشيّة: من المثير للفضول أنّ الدرويد المعاصرين Druids –وهم طائفة دينيّة سلتيّة– يدّعون تبعيّة ستونهنج لهم. لقد بُني ستونهنج في الحقيقة قبل وقت طويل من الاجتياح السلتيّ لبريطانيا، وربّما استخدمه الدرويد في طقوسهم لكنّهم لم يكونوا قطعاً من بنوه. فالك

2- Archeoastronomy فرع يدرس كيف فهم الناس في الماضي الظواهر السماويّة من خلال: الآثار، الأنثروبولوجيا، الفلَك، علم الإحصاء والاحتمالات، والمصادر التاريخيّة. المترجمة

كان، يدعونا للافتراض أنّ ستونهنج استُخدِم كمرصد فلكيّ في أيّ مرحلة من المراحل، على الأقلّ ليس بالمعنى المألوف لأيّ فلكيّ معاصر اليوم».

مخطّطٌ سماويٌّ؟

المشكلة هي مشكلة «التخطيط» مقابل «الصدفة»: ربّما تتراصف أحجار معيّنة مع ظواهر فلكيّة معيّنة، لكنّ هذا لا يعني بالضرورة أنّها بُنِيتْ استناداً إلى ذلك الارتصاف. إن وجِدَ عدد كافٍ من الأحجار وعدد كافٍ من «الأهداف» السماويّة – موضع شروق أو غروب نجم برّاق محدّد مثلاً– سنعثر على ارتصاف بينها حتماً. «إحصائيّاً، تميل الاحتمالات لمصلحة العثور على خطّ يمتدّ من عين المراقب إلى الجرم السماويّ، الذي سيظهر صدفة في أيّ دائرة»، يكتب عالم الآثار أوبري بورل. خذوا كمثال موقعاً يُعرف باسم غراي كروفت Gray Croft في كمبرلاند، بريطانيا، وهو نصبٌ دائريّ مؤلّف من اثني عشر حجراً. وجد بورل فيه الكثير من الخطوط المحتملة التي ترتبط مع أهداف سماويّة مختلفة، وبالتالي من المستحيل «ألّا تكتشف شيئاً ما»، فبالنسبة لموقع دائريّ يحوي 12 حجراً، هناك 132 ارتصافاً محتملاً وفقاً لحساباته.

علينا أيضاً أن نأخذ بالحسبان كلّ موقع من المواقع في سياق المشهد الأوسع الذي يحيط به –سواء المشهد الطبيعيّ أو الصنعيّ– وأن نفحص جميع النُصب الأثريّة الموجودة في مكان معيّن، مثلاً حلقة أحجار درومبغ Drombeg في مقاطعة كورك بإيرلندا: المحور الرئيسيّ للدائرة – كما في ستونهنج– يتراصف مع موقع الشمس أثناء الانقلاب الصيفيّ / الشتويّ، لكن هناك أكثر من خمسين دائرة حجريّة أخرى في الجنوب الغربيّ من إيرلندا لا تشترك أيّ منها بذلك الارتصاف مع درومبغ. إن فكّر بناة تلك المواقع بطريقة فلكيّة، لماذا نجد أنّ الارتصاف مع الانقلاب الصيفيّ أو الشتويّ هو الاستثناء، لا القاعدة؟!

الارتصاف مع الشمس أثناء الانقلاب الصيفيّ والشتويّ في ستونهنج واضح تماماً، لكنّ دور الأجرام السماويّة الأخرى غير مؤكّد، والخبراء

منقسمون بهذا الخصوص. يعتقد أوبري بورل أنّ بناة ستونهنج أخذوا بحسبانهم أيضاً الموقع الأقصى الذي يحتلّه القمر أثناء شروقه وغروبه، وكذلك الموقع الأقصى الذي تحتلّه الشمس عند الشروق والغروب[1].

يوافق آڤيني على فكرة أنّ أسلافنا ربّما استخدموا محورَ الموقع الأساسيّ لمراقبة شروق القمر في أقصى شمال الأفق خلال أشهر الشتاء، كما لم ينفِ فكرة توظيفه للتنبّؤ بالخسوف: عندما يشرق القمر من خلال المدخل الحجريّ إلى الشمال الشرقيّ من الدائرة (كلّ ما بقي من المدخل اليوم هو حجر العقب)، ربّما يدرك مراقبو السماء الأوائل أنّ هناك احتمالاً لحدوث خسوف عند ظهور البدر القادم. «حتّى ولو لم يحدث أيّ خسوف» يكتب آڤيني، «ذلك البدر المميّز الذي يسطع في ليلة الانقلاب الشتويّ بعد أن يشرق من الجهة المقابلة لموقع غروب الشمس... لا بدّ أنّه وفّر ضوءاً كافياً طيلة ليلة كاملة من أجل تكريم الآلهة الحاضرة».

لربّما رصد بناة ستونهنج حركةَ الأجرام السماويّة، لكنّ آڤيني يضيف: «أنا مقتنع أنّه إن كانت لستونهنج علاقة بالفلك الشمسيّ - القمريّ، ستكون العلاقة بين بُناتِه النيوليثيّين والسماءِ أقربَ للمسرح منها للعلم الحقيقيّ». لا عجب أنّ ستونهنج كان معروفاً في العصور الوسطى باسم Chorea Giganteum أي «رقصة العملاق».

معبدُ الزمن

لا شكّ أنّ الناس كانوا يجتمعون في تلك الصروح... لكن من أجل ماذا؟! لمراقبة السماوات؟ لتحديد الفصول؟ لعبادة الشمس والقمر؟ لعبادة الأسلاف؟ لتكريم الموتى؟ من المحتمل أنّهم قاموا بكلّ ذلك وأكثر. من بين أدواره العديدة، كان ستونهنج أيضاً مقبرة: كشفت التنقيبات الأثريّة الحديثة عن بقايا أكثر من مئتي شخص تمّ إحراق

1- موقعا شروق وغروب القمر في أقصى شمال الأفق يتوضّعان أبعد بقليل من الموضعين الموافقين للشمس باتّجاه الشمال، موقعا شروق وغروب القمر في أقصى الجنوب يبتعدان عن الموقعين الموافقين للشمس بالمقدار ذاته نحو الجنوب. فالك

جثثهم ودفنها ضمن الموقع. لا يمكن فصل الطقوس الدينيّة بسهولة عن الكوزمولوجيا[1]، خاصّة أنّ الأجرام السماويّة عُبِدتْ بوصفها آلهة، كما تصدّرت الشمس والقمر سلّم التراتب الكونيّ المنمّق. كانت تلك الصروح غالباً بمنزلة بانثيون للآلهة وأرواح البشر والحيوانات، ودعونا لا ننسى أنّ المواقع التي تشبه ستونهنج كانت أماكن اجتمع فيها الناس لأكثر من ألف عام، ولا بدّ أنّ وظيفتها تطوّرت على مرّ السنين. سنتخيّل ستونهنج بكلمات آفيني: «مكان للقاء الاجتماعيّ، موقع للتعبّد الدينيّ، مركز لطائفة ما، مكان يتركّز السكن حوله، معبد سماويّ، ومرصد فلكيّ. كلّ هذه التعاريف يتقاطع بعضها مع بعض، لكنّ أحدها كان يطغى على ما سواه خلال حقبة معيّنة».

أيّاً كان المضمون الرمزيّ لستونهنج ومشابهاته، فلا بدّ أنّه اشتمل على الزمان وعلى الفضاء كذلك. طريقة بناء تلك النُصب تقترح اهتماماً بمسائل الزمن إلى درجة أكبر ممّا يتطلّبه تسجيل تعاقب الفصول. وجود العديد من القبور في ستونهنج يمكن أن يُفَسَّر على أنّه «إشارة مرجعيّة إلى الماضي، وربّما إلى بدايات ميثولوجيّة» كما يقول كليف راغلز وزميله جوشوا بولارد. تلك النصب اعتُبِرَتْ أماكن «يتوقّف فيها الزمن»، وهو إحساس تعزّزه حركة الأجرام السماويّة المستمرّة المنتظمة والطقوس الجماعيّة، «لقد حمل ستونهنج دائماً مضامين عن الزمن: عن الزمن الذي انقضى، وعن استمراريّة الزمن في عالم من التغيّرات الاجتماعيّة المتقطّعة»، يكتب العالِمان. علّق آلاسدير ويتل أنّ ستونهنج قام بوظيفة «إطار مرجعيّ عديم الزمن، وكأنّه حلبة سحريّة جعلت المستقبل ممكناً من خلال إيقاف الماضي مؤقّتاً»، لقد كان مكاناً شعر الناس فيه بأنّهم مُتّحِدون مع أسلافهم ومع آلهتهم ومع الأرض ومع السماوات، مكان شعر المشاركون بطقوسه أن باستطاعتهم التغلّبُ على الزمن.

اكتُشِفتْ مواقع لا تقلّ إبهاراً عن ستونهنج في بقيّة أرجاء القارّة الأوروبيّة،

1- Cosmology: فرع من فروع علم الفلك يدرس أصل الكون وتطوّره ومصيره. المترجمة

فقد بدأ علماء الآثار مؤخّراً بالتنقيب عن مستوطنة تعود للعصر البرونزيّ قرب مدينة غوسك في شرق ألمانيا، ووجدوا في الموقع نصباً دائريّاً قطره 75 متراً تقريباً يحيط به خندق. أصول النصب مجهولة، لكنّهم يعتقدون أنّ البشر استخدموه للمرّة الأولى خلال الحقبة النيوليثيّة المتأخرة حوالي 5000 ق.م، ممّا يجعله أقدم بكثير من ستونهنج. يظنّ العلماء أنّه كان مقرّاً تتعبّد فيه طائفة ما، فضلاً عن أهميّته الفلكيّة، إذ ترتصف «مداخله» ارتصافاً أنيقاً مع كلّ من الانقلاب الصيفيّ والانقلاب الشتويّ. أبرز اللقى الأثريّة فيه كانت قرصاً برونزيّاً قطره حوالي 30 سم، نُقِشَتْ عليه القبّة السماويّة بالذهب. تاريخ هذه «الخريطة» يعود إلى زمن لاحق - حوالي عام 1600 ق.م- وتصوِّر الشمس، والهلال، واثنتين وثلاثين نجمة (تشمل كوكبة الثريّا على الأغلب). وصف عالم الآثار هارالد ميلر الخريطة بأنّها «أقدم تمثيل للكون بلا شكّ»، واقترح أنّ الموقع كان «يُستعمَل كمرصد فلكيّ بكلّ تأكيد، مثل ستونهنج في بريطانيا».

الافتتان بحركة الأجرام السماويّة انتشر في أمكنة بعيدة عن شمال غرب أوروبا: بلغ علم الفلك عند المصريّين القدماء والبابليّين -سنفحص إنجازاتهم عن كثب في الفصل القادم- مستوى عالياً من الرقي واعتمد على الرياضيّات والهندسة. في أمريكا الوسطى، بنى المايا أهراماتهم العظيمة بحيث ترتصف مع موقع الشمس خلال كلّ من الانقلاب الربيعيّ والانقلاب الخريفيّ، كما طوّروا تقويماً شمسيّاً معقّداً سأتحدّث عنه بالتفصيل في الفصل القادم أيضاً. إلى الجنوب منهم، بدأ الإنكا ببناء المراصد الفلكيّة منذ عام 1500 ق.م، وفي وديان أوهايو والميسيسبي في أمريكا الشماليّة توجد تلال ترابيّة عملاقة ربّما مثّلتْ تحصينات ومواقع لأداء الطقوس، وربّما تمتّعت بأهميّة فلكيّة. هنود الهوبي الذين يعيشون جنوب غربي الصحراء الأمريكيّة، يعتمدون على بيئتهم المحليّة كتقويم، ويتتبّعون تغيّراتِ موقع الشمس على امتداد الأفق خلال العام. في أفريقيا، توجد حلقة مكوّنة من 19 عموداً بازلتيّاً في شمال غربي كينيا ربّما اضطلعت بوظيفة فلكيّة في الماضي، وما زال السكّان المعاصرون يستعينون بها للإشارة إلى التواريخ المهمّة في تقويمهم. المدافن النيوليثيّة التي اكتشفت في شمال الصين تعود

بتاريخها إلى حوالي 5000–3000 ق.م وهي تتوازى مع اتّجاهات البوصلة الرئيسيّة... القائمة تطول، وعلماء الآثار يكتشفون باستمرار أحجاراً ونصباً حجريّة تلقي الضوء على انشغالنا بالدورات السماويّة. عام 2007، أعلن فريق يعمل في صحراء البيرو الساحليّة عن اكتشاف ما قد يكون أقدم موقع فلكيّ في الأمريكتين: سلسلة من ثلاثة عشر بناء حجريّاً سُمّيَت بأبراج شانكيلو يعود تاريخها إلى العام 1300 ق.م تقريباً، وهي مبنية على امتداد خطّ يتّجه من الشمال إلى الجنوب على طول جرف قليل الارتفاع، ويمتدّ الموقع ككلّ حوالي ثلاثمئة متر. يقول العلماء إنّ الأبراج استُخدِمَتْ علامات عند الأفق من أجل مراقبة الشمس، خاصّة بعد اكتشافهم مجموعة من المباني الطقسيّة تقع إلى الشرق والغرب من الخطّ، يعتقدون أنّها تمثّل مواقع للمراقبة: عند النظر من نقطتين من تلك النقاط المحتملة، يصبح واضحاً لنا أنّ امتداد الأبراج بالاتّجاه الشماليّ – الجنوبيّ على خطّ الأفق يتوافق مع المدى بين شروق الشمس وغروبها خلال فترة عام كامل. خلال الانقلاب الصيفيّ والانقلاب الشتويّ، ستشرق الشمس فوق البرج الذي يتوضّع في أقصى الشمال أو أقصى الجنوب، أو على سويّته. في باقي أوقات السنة، لا بدّ أنّ الأبراج أتاحت طريقة لتتبّع موقع الشمس بدقّة لا يزيد مجال الخطأ فيها عن يومين فقط.

العقل النيوليثيّ

كلّ الافتراضات التي وضعها الباحثون عن أناس ما قبل التاريخ وعن تصوّرهم للكون، تُقابل بالجدل. مع ذلك، من الواضح أنّه خلال الفترة النيوليثيّة المتأخّرة –وهي فترة انتشر خلالها الإنسان الحديث في كلّ الكرة الأرضيّة، ومارس الصيد والزراعة واعتنى بالمحاصيل– كان أسلافنا مأخوذين بالسماء الليليّة وحركاتها الدوريّة المنتظمة، وأنّ الساعة السماويّة الدقيقة حرّضت شعوراً ما في أعمق أعماقهم. لن نعرف قطعاً ما هو الدافع الذي حرّض بناةَ العصر الحجريّ على وجه التحديد، ولا شكّ أنّ كلّ عالم آثار يحلم بامتلاك آلة زمن تعيده إلى موقع ستونهنج أثناء تشييده (سيشعر المرء برغبة ملحّة لطرح قائمة طويلة من الأسئلة على العمّال، مع أنّه

سيعيقهم على نحو أقلّ لو راقب ما يجري من بعيد مختبئاً خلف شجرة ما، واستعان بمنظار ودفتر ملاحظات!). نحن مجبرون على الاكتفاء بما يمكن للأحجار بحدّ ذاتها في ستونهنج والعالَم النيوليثيّ أن تخبرنا به.

عندما كنتُ في نيوغرانج، قالت لي تافي إنّها غالباً ما تفكّر بتلك الأمور، ولا يمكنها إلّا أن تتساءل عمّا دار في أذهان أولئك الذين بنوه، وهم يتصارعون مع الكتل الصخريّة العملاقة وينحتون تلك الأشكال الغامضة. مع ذلك، تدركُ تماماً أنّ هذا هو أقصى ما يمكننا التوصّل إليه، كما أنّنا لا نتورّع عن استقراء عدد لا نهائيّ من الدوافع والرغبات من تلك الصخور، ربّما وُجِدَتْ عند بناة النصب وربّما لا.

خلال عشرين عاماً عملتْ خلالها في الموقع، سمعت تافي الزوّار يصفون تجربتهم بعبارات تعكس قبل أيّ شيء آخر رؤيةَ ثقافتنا الشعبيّة المتغيّرة للكون. في حقبة 1970، على إثر نشر كتاب «عربات الآلهة» Chariots of the gods للكاتب إريك ڤون دانيكن، كان الزوّار يقولون لها أحياناً إنّ نيوغرانج يشبه مركبة فضائيّة ضخمة. قيامُ مخلوقات فضائيّة من عالم آخر ببناء نيوغرانج هي فكرة تزعج تافي عادة! «إنّهم ينسبون الفضل إلى أغراب من الفضاء الخارجيّ!!»، تقول متحسّرة. في حقبة 1980، مع تنامي الحركة البيئيّة، أصبحت الأرض بحدّ ذاتها كينونة مبجّلة. بدأ الناس بالتفتيش عن «طاقة الأرض»، والحديثِ عن العيش بتناغم مع «أمّنا الأرض». العديد من الزوار اليوم كما تخبرني تافي يفكّرون بطريقة روحانيّة، ويتوقون إلى ديانة عالميّة. «في عالَم ننبذ فيه الأديان المؤسَّسة سابقاً، يشتقّ الناس دياناتهم الخاصّة ويزورون هذه الأماكن بحثاً عن إجابات»، تقول.

ألقينا أنا وهي نظرة أخيرة على الأشكال اللولبيّة المنقوشة على الصخور خلف القبر، تلك الأشكال التي يقترح علماء الآثار أنّها ترمز إلى الشمس. إنّها فكرة معقولة تتماشى مع توجّه الموقع نحو الانقلاب الشتويّ للشمس، لكن كما تتساءل تافي، ماذا مثّلت هذه الرموز فعلاً بالنسبة لبناة نيوغرانج؟ «نحن لا نحمّلها المعنى ذاته كما فعلوا هم» تقول لي، «ما الذي مثّلته الشمس للناس قبل خمسة آلاف عام؟! إنّها هوّة كبيرة بيننا وبينهم لن تُردَم أبداً».

عندما خطونا خارج الكهف، اضطررنا كلانا إلى زمّ أعيننا بسبب الشمس الساطعة.

«حتّى ولو كانت بحوزتنا آلة زمن وعدنا إلى عام 3100 ق.م» خمّنت تافي، «لا أعتقد أنّنا قادرون على التواصل معهم إلى درجة تجعلنا نفهمهم ونرى العالَم كما يرونه».

* * *

السنواتُ، الأشهرُ، الأيّام

البحثُ عن التقويم المثاليّ

لكلّ شـيء أوان، ولكلّ أمرٍ تحت السـماء زمانٌ.

• سفر الجامعة 3:1

في كلّ خريف تقريباً، لابدّ أن يفتّش مقدّم البرامج الحواريّة ديڤيد ليترمان في جعبته المليئة بالنكات «المُجرَّبة والحقيقيّة» الخاصّة بالموسم، وينتقي فكرة مثل: «إذاً، عام جديد سعيد لكلّ أصدقائنا اليهود. اليوم هو روش هاشانا، رأس السنة اليهوديّة، الذي يشير إلى بداية العام 5769 في التقويم اليهوديّ» كما سيكون التاريخ بالنسبة لنسخة 2009 من النكتة. «الآن» سيتابع ليترمان، «هل أنتم مثلي؟ أما زلتم تكتبون 5768 على دفاتر الشيكات؟!» وعندها يعلو صوت الدرامز الحماسيّ وقهقهة بول شافر قائد الفرقة الموسيقيّة.

بلا شكّ، لا أحد، ولا حتّى اليهود الأرثوذكس في القدس، يكتب 5768 أو 5769 على الشيكات. عوضاً عن ذلك، جميع الناس من سياتل إلى سنغافورة يستعملون –للشؤون المدنيّة على الأقلّ– التقويمَ الغريغوريّ، وهو ابتكار مميّز يدمج أفكار البابليّين والمصريّين التي عدّلها الرومان، وصقلها إلى شكلها الحاليّ أحد الباباوات في القرن السادس عشر، بمساعدة فريق من علماء الرياضيّات والفلك الذين طواهم النسيان. التقويم الغريغوريّ هو فكرة من أكثر الأفكار نجاحاً في تاريخ الحضارة، وربّما يصحّ

أن نطلق عليه ما يدعوه ريتشارد داوكنز بالـ «ميم meme» الناجح، أي أنّه وحدة من المعلومات الحضاريّة تشيع عبر الزمن.

التقويم الغريغوريّ ليس نظامَ تسجيل الزمن الوحيدَ الذي اخترعته البشريّة، ولا أدقّها من ناحية بعض القياسات كما سيمرّ معنا، لكنّ قصّته قيّمة لأنّ إنجازه استغرق قروناً (ألف عام) كي يكتمل. رأينا في الفصل السابق كيف بدأ افتتان البشر باكراً بالحركات المنتظمة في السماء الليليّة، وكيف أخذوا يتتبّعونها. مع حلول عصر الحضارات القديمة العظيمة، تحوّلت تلك المراقبة المنتظمة إلى صناعة نظريّة، وطوّرت كلّ حضارة نوعاً من التقويم الزمنيّ بهدف تقسيم السنة، اعتماداً على مراقبة السماء وعلى أولويّات الناس واحتياجاتهم الخاصّة. التقويم السائد اليوم هو التقويم المسيحيّ الغريغوريّ الذي وظّف أفكاراً من حضارات مختلفة عديدة، كلّ منها كانت لها وجهةُ نظرها الخاصّة حول أهميّة حركة الأجرام السماويّة، وحلولُها الفريدة لمشكلة تتبّع تلك الحركة. سنلقي نظرة في هذا الفصل على بعض التحدّيات التي واجهت صانعي التقاويم على مرّ العصور، وهم يحاولون ترويض الحركات الكثيرة التي تقوم بها الشمس والقمر والنجوم.

كما رأينا في الفصل الماضي، ربّما ظهرت أولى الخطوات البدائيّة في تتبّع حركة الأجرام السماويّة باكراً إبّان الحقبة الباليوليتيّة، لكن لا يمكننا التأكّد من تسجيل البشرِ لمرور الأيّام والشهور والسنوات إلّا مع ظهور الحضارات الأولى التي تميّزتْ بمستوطنات حضريّة معقّدة ترتكز على الزراعة، واستعملتْ أنظمة كتابيّة متكاملة.

فهمُ تلك الدورات السماويّة بأيّ حال هو أمرٌ معقّد، لأنّ كلّاً من عدد أيّام الدورة القمريّة الواحدة وعددِ الدورات القمريّة في السنة هو رقم لا ينتهي بالصفر، فضلاً عن أنّه ليس عدداً صحيحاً أصلاً. الشهر القمريّ كما ذكرنا سابقاً يساوي $29\frac{1}{2}$ يوماً (29.5306 يوماً بالضبط)، أمّا متوسّط طول السنة الشمسيّة (التي تدعى أيضاً بالمداريّة) فهو $365\frac{1}{4}$ (أقلّ بقليل في الحقيقة، إذ يساوي 365.2422 يوماً). عرف الأقدمون أنّ هذه الدورات لا يتناسب بعضها مع بعض على نحو مثاليّ: في القرن الخامس قبل الميلاد، جعل

الشاعر الإغريقيّ أريستوفان القمرَ في مسرحيّة «الغيوم» يشتكي من أنّ الأيّام ترفض أن تواكب أطواره.

دوراتٌ غير متناسقة

جرّبوا أن تقسّموا طول السنة على طول الشهر القمريّ، وستحصلون، مجدّداً على عدد كسريّ أكبر من 12 وأصغر من 13: الرقم الحقيقيّ أقرب إلى 12.3683. خلال العصور، جرّبت الحضاراتُ المختلفة كلّ الخدع الممكنة من أجل توفيق هذه الدورات غير المتناسقة. البعض كالسومريّين، قاموا بتقريب طول الشهر إلى ثلاثين يوماً، وبالتالي أصبح طول السنة المؤلّفة من 12 شهراً هو 360 يوماً، أي أقصر بخمسة أيّام تقريباً من طول السنة الشمسيّة الحقيقيّ. الحضارات الأخرى اعتمدت قياساً أدقّ لطول الدورة القمريّة، ومن ثمّ افترضت وجود 12 شهراً بالضبط في السنة، ممّا نتج عنه سنة طولها 354 يوماً، أي أقصر بأحد عشر يوماً تقريباً من السنة الشمسيّة الحقيقيّة. بتبنّي هذا التقويم، تحلّ الاحتفالات بالعام الجديد قبل 11 يوماً من موعدها في السنة السابقة، ويتحوّل الاحتفال بالانقلاب الصيفيّ إلى احتفال بالانقلاب الشتويّ بعد ستّة عشر عاماً لا غير.

نظام التقويم الزمنيّ الذي يعتمد على أطوار القمر لتتبّع الشهور، لكنّه يحاول في الوقت نفسه المواءمة بين الشهور القمريّة ودورة الفصول، يُدعى تقويماً قمريّاً – شمسيّاً Luni – Solar، وهو ما اعتمده البابليّون. بالنسبة لهم، يبدأ الشهر الجديد عند أوّل يوم يرون فيه الهلال في الغرب، وهي ممارسة ما تزال مستمرّة في البلدان المسلمة حتّى يومنا هذا (لاحظوا عدد الدول المسلمة التي ترسم شعار الهلال على راياتها).

بهدف مواءمة الشهور مع السنة الشمسيّة، استخدم البابليّون دورة تتعاقب فيها سبع سنوات تتألّف كلّ منها من 13 شهراً، مع 12 سنة تتألّف كلّ منها من 12 شهراً، وكانت النتيجة دورة مكوّنة من 19 عاماً تُعرف باسم الدورة الميتونيّة Metonic cycle، نسبة للفلكيّ الإغريقيّ ميتون الأثينيّ الذي عاش في القرن الخامس قبل الميلاد، واكتشف أنّ 235 شهراً قمريّاً تعادل تقريباً 19

سنة شمسيّة. التقويم الذي يعتمد على الدورة الميتونيّة سينحرف عن السنة الشمسيّة الحقيقيّة بمقدار يوم واحد كل 219 سنة[1].

اعتباراً من الألفيّة الثانية قبل الميلاد، أدخل البابليّون شهراً إضافيّاً إلى تقويمهم، إمّا بعد الشهر السادس (أولولو) أو بعد الشهر الثاني عشر (أدارو). لدينا وثيقة تعود إلى القرن 19 ق.م تسجّل مرسوماً أصدره الملك حمورابي حول هذا التعديل:

«هذه السنة تضمّ شهراً إضافيّاً، وسيكون الشهرُ القادم بمنزلة شهر أولولو الثاني. أينما فُرِضَت جباية الضريبة السنويّة لجلبها إلى بابل في الرابع والعشرين من شهر تشريتو، يجب جلبها إلى بابل في الرابع والعشرين من شهر أيلولو الثاني».

يمكن تعقّب التأثيرِ المتبادل بين الحضارتين اليهوديّة والبابليّة إلى القرن السادس قبل الميلاد، حين غزا البابليّون القدسَ بقيادة نبوخذ نصر الثاني، وأمضى اليهود ما يقارب سبعين عاماً في المنفى. نلاحظ أنّ التقويم اليهوديّ يعتمد إلى درجة كبيرة على التقويم البابليّ، وأنّه يستند مثله إلى دورة ميتونيّة طولها 19 عاماً، تتألّف من سنوات مكوّنة من 12 شهراً وأخرى مكوّنة من 13 شهراً. يمكن أن يختلف طول أشهر معيّنة ضمن الدورة الواحدة، وبالتالي يمكن للسنة «العاديّة» أن تكون 353 أو 354 أو 355 يوماً، أمّا السنة الكبيسة (التي تحتوي شهراً إضافيّاً في هذه الحالة) فقد يكون طولها 383 أو 384 أو 385 يوماً، ولذلك يتقلّب تاريخ الأعياد اليهوديّة مثل الحانوكا كثيراً بالنسبة إلى التقويم الغريغوريّ.

إيقاعُ النهر

اختلفت أولويّات المصريّين القدماء عن أولويّات البابليّين: الحدث الأهمّ في السنة المصريّة هو فيضان نهر النيل سنويّاً في أواخر الصيف والذي

1- كما هو الحال عادةً، لم يُنسَب الفضل إلى مكتشف الفكرة! بالإضافة إلى البابليّين، عرف الصينيّون الدوراتِ المكوّنة من 19 سنة قبل قرون من عصر ميتون. وعلى نحو مماثل، «نظريّة فيثاغورث» كانت بلا شكّ معروفة للبابليّين قبل مئة عام من فيثاغورث الإغريقيّ الذي أعطاها اسمه. فالك

يبعث الحياة في الصحراء، لذلك كان النيل محور الحضارة المصريّة، ولا عجب أنّ المؤرّخ الإغريقيّ هيرودوت أشار إليه عندما وصف جغرافيا مصر في القرن الخامس قبل الميلاد بـ «هِبة النيل».

تمكّن المصريّون القدماء من التنبّؤ بموعد الفيضان السنويّ بمراقبة النجمة الأشدّ سطوعاً في سمائهم مراقبة دقيقة: الشعرى اليمانيّة Sirius (التي قرنوها مع الإله العقرب سوثيس). كلّ سنة، تختفي الشعرى اليمانيّة عدّة أسابيع بسبب ضوء الشمس المبهر، وهو ما يمثّل بالنسبة للمصريّين رحلةَ العقرب في العالم السفليّ. تصبح السنة الجديدة على الأبواب ما إن تعود الشعرى اليمانيّة للظهور من جديد قبيل الفجر (يُعرَف هذا بمصطلحات علم الفلك الحديث بالشروق المتوافق مع الشمس Heliacal rising)، كما تسبق عودتُها أيضاً فيضانَ النيل الوشيك. أهميّة الشعرى اليمانيّة في الفلك المصريّ تنعكس في أعظم إنجازات المصريّين العمرانيّة مثل هرم خوفو الكبير في الجيزة، إذ يُعتَقَد أنّ الفتحات الضيّقة التي تقود إلى الحجرات المركزيّة فيه تتوازى مع مسار الشعرى اليمانيّة في السماء. ما زلنا نتداول مقولة شعبيّة واحدة على الأقلّ تنبثق عن تراث ذلك التقويم: عودة الشعرى اليمانيّة (أو نجمة الكلب كما تُسمّى) للظهور تسبق «أيّامَ الكلب[1]» في الصيف.

انصبّ اهتمام المصريّين القدماء على الفيضان السنويّ لنهر النيل، لذلك نبذوا التقويم القمريّ كليّاً لمصلحة تقويم يعتمد على الشمس، يتألّف من 12 شهراً كلّ منها 30 يوماً، وتلك الأشهر مستقلّة تماماً عن أطوار القمر. سينتج عن هذا التقويم بالطبع سنة طولها 360 يوماً فقط، لذلك أضافوا خمسة أيّام للاحتفالات الدينيّة في نهاية كلّ عام، والسنة الناتجة المكوّنة من 365 يوماً تقلّ بمقدار ربع يوم تقريباً عن السنة الشمسيّة الحقيقيّة. يجدر بالذكر أنّ المصريّين القدماء اكتشفوا ذلك النقص في حساباتهم في زمن باكر جدّاً، وأدركوا أنّ إضافة ربع يوم إلى السنة (أو يوم كامل كلّ أربع سنوات) سيؤمّن التوافق بين تقويمهم والسنة الشمسيّة الحقيقيّة بفارق لا يتعدّى بضع دقائق،

1- Dog days هي أيّام الصيف الشديدة الحرارة ما بين أواخر تمّوز وأواخر آب في نصف الكرة الشماليّ، ربط الرومان القدماء بينها وبين الحرّ، الجفاف، العواصف الرعديّة المفاجئة، التعب، الحمّى، الكلاب المسعورة، والحظّ السيّئ. المترجمة

لكنّ قروناً انقضت قبل أن يتبنّى الكهنة المسؤولون عن نظام التقويم التغييرَ المطلوب. في عام 238 ق.م حثّ ملك مصر بطليموس الثالث على اعتماد نظام السنة الكبيسة (حكّام مصر في ذلك العصر كانوا إغريقيّين هلنستيّين ومنهم بطليموس الثالث، لا تخلطوا بينه وبين الفلكيّ الشهير الذي عاش بعده بقرون)، ربّما بناءً على نصيحة فلكيّة من أريستارخوس، وهو فلكيّ وعالم رياضيّات إغريقيّ من ساموس روّج لفكرة كونٍ مركزُه الشمس قبل 18 قرناً من كوبرنيكوس. بأيّ حال، مرّ قرنان من الزمن قبل إضافة السنة الكبيسة أخيراً، بعد أن احتلّ الرومان مصر، إذ فرضها الإمبراطور أغسطس على المصريّين بهدف مزامنة تقويمهم مع التقويم اليوليانيّ المستخدم في روما.

تقويمُ القيصر

مثل المصريّين القدماء، استخدم الرومان في البداية تقويماً يتكوّن من 12 شهراً قمريّاً يزيدون عليها أيّاماً أو أشهراً إضافيّة من وقت إلى آخر، كي يحافظوا على التزامن مع الفصول. هذا النظام كان أبعد ما يكون عن المثاليّ كما يشرح الكاتب ديڤيد يُونْغ دنكان، وعانى من الإهمال ومن التلاعب السياسيّ، لأنّ الكهنة المسؤولين عن التقويم كما كتب دنكان كانوا «يزيدون طول السنة أحياناً من أجل إبقاء الحكّام أو أعضاء مجلس الشيوخ الذين يؤيّدونهم في الحكم لفترة أطول، أو على العكس، يُنْقِصون طولَ السنة كي يعجّلوا برحيل منافسيهم»، كما استغلّوا التقويم أيضاً من أجل «زيادة أو إنقاص الضرائب والإيجارات، وأحياناً من أجل منفعتهم الماليّة الخاصّة». أصبح التقويم الرومانيّ بحاجة ماسّة إلى الإصلاح مع وصول يوليوس قيصر إلى الحكم، وأراد الرومان كما يخبرنا المؤرّخ الإغريقيّ بلوتارخ أن يؤسّسوا:

«قاعدة معيّنة تحقّق التوافق بين دورات الشهور ومسار السنة، لأنّ أعيادهم وأيّام الأضاحي الرسميّة كانت تنزاح شيئاً فشيئاً إلى أن تقع في فصول هي عكس ما يجب أن تكون عليه، وحتّى في هذا العصر، لا يملك الناس طريقة لحساب السنة الشمسيّة لأنّ الكهنة فقط هم من يحدّدون الزمن، وقد يدخلون شهراً إضافيّاً إلى التقويم حسب مصلحتهم دون سابق إنذار».

الإصلاح الذي قام به يوليوس قيصر «صُمّم بعبقريّة علميّة عظيمة» كما يكتب بلوتارخ، «لأنّ الإمبراطور استدعى أفضل الفلاسفة وأفضل علماء الرياضيّات في عصره كي يحسموا المسألة». في النهاية، تبنّى يوليوس قيصر «طريقة جديدة أكثر دقّة لتصحيح التقويم»، وبواسطة هذا النظام الزمنيّ الجديد، نجحت روما بتلافي الأخطاء الناجمة عن عدم تساوي الدورات أكثر من بقيّة الأمم.

في صميم الإصلاح اليولياني نجد الفكرة التي اقترحها بطليموس الثالث قبل قرنين، وهي إدخال سنة كبيسة كلّ أربع سنوات. سيكون طول ثلاث سنوات من أصل أربع هو 365 يوماً، أمّا الرابعة الكبيسة فتتألّف من 366 يوماً، وبالتالي متوسّط طول السنوات الأربع هو 365.25. تتألّف السنة اليوليانيّة من تعاقب أشهر طولها ثلاثون يوماً، مع أخرى طولها واحد وثلاثون يوماً، تبدأ وتنتهي بشكل مستقلّ عن أطوار القمر، باستثناء شباط الشاذّ عن البقيّة، لأنه يتألّف من 28 يوماً في السنة العاديّة و29 يوماً في السنة الكبيسة. بهدف تصحيح التأخّر الذي تراكم عبر الزمن، أمر يوليوس قيصر بإدخال شهرين إضافيّين إلى السنة التي سنعتبرها نحن سنة 46 ق.م، ممّا يجعل طول تلك السنة بالذات 445 يوماً، وأطلق عليها اسم Ultimus annus confusionis أي: آخر سنوات التشوّش.

لم يكن التقويم الجديد مجرّد مسعى أكاديميّ لنخبة روما، بل إنّه «أدخل روحاً جديدة إلى كيفيّة تفكير الناس بمسألة الزمن» كما يقول دنكان. قبل الإصلاح اليوليانيّ كان الناس يفكّرون بالزمن على أنّه دورة من الأحداث الطبيعيّة المتكرّرة، أو كأداة للسُلطة، لكن ليس بعد الآن! التقويم الجديد أصبح متاحاً أمام الجميع كأداة موضوعيّة عمليّة من أجل تنظيم مواعيد رحلات السفن، بذر المحاصيل، عبادة الآلهة، التخطيط للزفاف، وإرسال الرسائل للأصدقاء. التقويم اليوليانيّ أدخل مفهوماً جديداً، وهو أن يتحكّم الكائن البشريّ بحياته الشخصيّة في مسار خطيّ يتقدّم بمعزل عن القمر وعن الفصول وعن الآلهة.

من المثير للفضول أنّه عند مقارنة هذا «التقدّم الخطيّ» بغيره من مفاهيم الزمن عند الحضارات الأخرى، سنكتشف أنّ ما ظهر في روما إبّان عصر

يوليوس قيصر هو مفهوم زمنيّ خاصّ بالغرب حصراً على ما يبدو: صورة للزمن أشبه بوضع علاماتٍ متتالية على مقياس متريّ، وهي تشبه كثيراً الصورة التي تتشكّل في أذهاننا اليوم عندما ننظر إلى الساعة على معصمنا أو نسجّل موعداً في مفكّرتنا. إنّه مفهوم عميق سنناقشه بالتفصيل في الفصول القادمة.

في روما، بدأ الناس في تلك الفترة تقريباً يحتفلون بالسنة الجديدة في كانون الثاني لا في آذار، ربّما في محاولة لتقريب بدايتها من الانقلاب الشتويّ، كما قام مجلس الشيوخ في نهاية المطاف بتغيير اسم الشهر السابع (الذي يوافق الشهر الخامس Quintilius في التقويم السابق) إلى يوليوس Julius (July / تموّز) على شرف يوليوس قيصر. لاحقاً، تلاعب الإمبراطور أغسطس Augustus بطول الأشهر: لا بدّ أن يصبح طول شهر آب / August واحداً وثلاثين يوماً مثل تموز / July بالضبط! لم تغيّر تلك العمليّة طولَ السنة، لكنّها أعطت الأشهر ذلك التوزّع العشوائيّ من حيث عدد الأيّام، والذي ما يزال قائماً في عصرنا الحاليّ.

بعد ذلك بقرون عديدة، وبعد أن اعتنقت الإمبراطوريّة الرومانيّة المسيحيّةَ كدين رسميّ، قام راهب يدعى ديونيسوس إكزيغْيُوَس (أو دنيس الصغير) 470–544م، بإعطاء التقويم نقطةَ بداية جديدة عندما أطلق على السنة التالية لولادة المسيح اسم anno Domini أي «سنة سيّدنا المسيح» التي يُرمز لها اختصاراً بـ A.D. بلا شكّ، لم يكن بمقدور ديونيسوس إلّا أن يخمّن عام ميلاد المسيح، أمّا المؤرّخون المعاصرون فيصحّحون توقيت هذا الحدث كي يوافق سنة 4 أو 5 قبل الميلاد. فضلاً عن ذلك، لم يخطر ببال ديونيسوس إدخال السنة صفر –مفهوم الصفر لم يكن قد ترسّخ بعد في الغرب– لذلك يلي العامُ الأوّل الميلاديّ بالنسبة له العامَ 1 ق.م مباشرة. بالمناسبة، لم يدخل اختصار B.C أي ما قبل الميلاد Before Christ[1] حيّز الاستعمال إلّا في بدايات القرن السابع عشر فقط، ومن اللافت للنظر أنّنا نستعمل A.D (ميلاديّ) كاختصار للعبارة اللّاتينيّة، بينما نختصر عبارة إنجليزيّة إلى B.C!

1- يعني حرفيّاً ما قبل المسيح. المترجمة

والسبب هو أنّ B.C (قبل الميلاد) دخلت حيّز الاستعمال المنتظم في وقت بدأت الإنجليزيّة فيه تحلّ محلّ اللّاتينيّة كلغة يستعملها المثقّفون.

رأينا كيف نقل الرومانيّون بداية السنة الجديدة إلى الأوّل من كانون الثاني، وهي خطوة تبنّاها العالَم الغربيّ تدريجيّاً (لكن ليس بسرعة! بريطانيا ومستعمراتها لم تعتمدها إلّا في عام 1752!).

اختيار موعد السنة الجديدة هو في نهاية المطاف قرار اعتباطيّ، الكثير من الحضارات تعتبر فصل الربيع بمنزلة نقطة انطلاق للسنة الجديدة لأنّه يمثّل التجدّد والانبعاث. في أمريكا الجنوبيّة، سارت العديد من الحضارات الأصليّة على نهج المصريّين بالاعتماد على نجم يشرق قبيل طلوع الشمس (أو معها في الوقت نفسه) بعد فترة من الغياب، لكنّ اهتمامها تركّز على كوكبة الثريّا أكثر من الشعرى اليمانيّة، وسنجد في الكثير من لغاتها أنّ المفردة ذاتها تعبّر عن كلّ من «السنة» و«الثريّا». الدور المحوريّ الذي لعبتْه الثريّا واضحٌ في بعض البنى المعماريّة القديمة الباقية في المنطقة، خاصّة تلك التي شيّدها الإنكا. في ماتشو بيتشو مثلاً، هناك بناء حجريّ بيضويّ الشكل يُعرَف باسم توريون Torreon، تتراصف إحدى نوافذه مع نقطة شروق الثريّا عند الأفق. حديثاً، اكتُشِفت مدينة بناها الإنكا في لاكتاباتا Llactapata (وهي ضاحية من ضواحي ماتشو بيتشو) قبالة نهر أوروبامبا Urubamba مباشرة، فيها مبانٍ تبدي التوجّه نفسه مثل توريون، حيث تتراصف المعابد والمراصد الفلكيّة مع الشمس خلال انقلاب الفصول، وكذلك مع كوكبة الثريّا.

لكن انتبهوا! ليس شرطاً أن تكون جميع العلامات المستخدمة في التقويم لتحديد موعد بداية السنة الجديدة سماويّةً: بالنسبة لسكّان جزر تروبرياند Trobriand غرب المحيط الهادئ، تبدأ السنة الجديدة في «يوم الدودة» عندما تباشر دودة بالولو palolo بوضع بيوضها، عادة ما بين منتصف تشرين الأوّل ومنتصف تشرين الثاني.

ضبطُ الوقت بالاعتماد على القمر

الشهر القمريّ –الفترة ما بين هلال (أو بدر) جديد إلى الهلال (أو البدر)

التالي- أوضح بكثير من دورة الفصول السنويّة، فقد رأينا في الفصل السابق كيف أوحى الشهر القمريّ بإحصاء يشبه التقويم الزمنيّ في زمن باكر جدّاً هو الحقبة الباليوليتيّة. على الأقلّ، يمكن للإنسان أن يلاحظ بداية (أو نهاية) الدورة القمريّة بسهولة نسبيّاً، كما اعتمدت بعض الحضارات -مثل تلك التي تعتنق الإسلام- في تقويمها على القمر حصريّاً. سعي المسلمين خلف حساب الزمن بدقّة، وهو أمر يتطلّبه نظام الصلوات الخمس الصارم الذي يتبعونه، قادهم إلى أن يصبحوا خبراء في الفلك أثناء العصور الوسطى. مع نهاية الألف الأولى للميلاد، أتقن العلماء المسلمون صناعة الأدوات الفلكيّة مثل الإسطرلاب، وأسّسوا مراصد فلكيّة عظيمة في الشرق الأوسط. أقدم مرصد فلكيّ إسلاميّ باقٍ إلى يومنا هذا هو مرصدٌ تمّ ترميمه مؤخّراً في مدينة مرغة شمال إيران، يعود تاريخ إنشائه إلى القرن الثالث عشر للميلاد. السنة المعتمَدة في التقويم الإسلاميّ هي قمريّة حصراً، تتألّف من 12 دورة من دورات القمر، ويتناوب طول الشهر القمريّ فيها بين 29 و30 يوماً. طول «السنة» القمريّة تلك هو 354 يوماً، أي أنّها أقصر بأحد عشر يوماً كاملة من السنة الشمسيّة، لذلك تنزاح السنة في التقويم الإسلاميّ -بما فيها جميع الأعياد- بالنسبة للفصول. انتبه العلماء المسلمون إلى طول السنة الشمسيّة الحقيقيّ بلا شكّ، إذ قام العالم والشاعر عمر الخيّام (1048-1131م تقريباً) بحسابه، وقدّره برقم دقيق للغاية هو 365.24219858156 يوماً. في الواقع، طول السنة الشمسيّة يساوي بالضبط 365.2422 يوماً، وبتعبير دنكان: «دقّةُ الخيّام مبالغ بها» بسبب عدم الانتظام في دوران الأرض (يقصد أنّ كلّ تلك الأرقام بعد الفاصلة العشريّة ليست لها قيمة عمليّة). ابتكر الخيّام كذلك تقويماً يستخدم ثماني سنوات كبيسة كلّ ثلاثة وثلاثين عاماً، وهو نظام غريب لكنّه أدقّ من تقويمنا الغريغوريّ.

لا بدّ أن ننوّه بشكل خاصّ بإنجازات المايا في أمريكا الوسطى عند الحديث عن التقاويم والحضارات القديمة، ففي سعيهم -أو لنقل في هوسهم- لتسجيل الزمن بدقّة، وضع المايا دورة فوق دورة: استخدموا دورة الفصول التقريبيّة التي تساوي 365 يوماً، واعتمدوا كذلك دورة أقصر بقليل طولها 360 يوماً أسموها تُن Tun، ودورة من 584 يوماً ترتبط بحركة

كوكب الزهرة، كوكبِ الحروب في اعتقادهم. أمّا ما يلعب الدور المحوريّ في حسابهم للزمن، فهو دورة تدعى «الجولة المقدّسة» تدوم 260 يوماً. على الأغلب، لن نكتشف أبداً الأساسَ المنطقيّ الكامن خلف ولع المايا بهذا الرقم، لكنّ أنتوني آفيني يعتقد أنّه مرتبط بمدى توافقه مع العديد من الدورات في الطبيعة: الرقم 260 يساوي تقريباً متوسّطَ عدد الأيّام التي يظهر خلالها كوكب الزهرة في السماء سواء صباحاً أو مساء (263 يوماً في الواقع)، كما أنّه قريب جدّاً من متوسّط فترة الحمل عند الإنسان (253 يوماً)، ويساوي تقريباً معدّل طول الموسم الزراعيّ في أجزاء عديدة من المكسيك. لهذه الأسباب كلّها يقول آفيني: «الفترة المكوّنة من 260 يوماً تظهر في عالم المايا كأنّها الدورة الأفضل بامتياز لاحتواء قوى كلّ الآلهة: آلهة الزمن، والشمس، والقمر، وآلهة الخصوبة، والمطر»، ويمكننا أن نعتبر الرقم 260 بمنزلة «القاسم المشترك» الزمنيّ المقدّس عند المايا.

طول السنة الشمسيّة في تقويم المايا أقرب إلى الرقم الحقيقيّ من تقويمنا، وهو 365.2420 أي أنّه أقلّ بمقدار طفيف عن الرقم الحقيقيّ الذي يبلغ 365.2422 (السنة الشمسيّة في التقويم الغريغوريّ تساوي 365.2425). كما هو الحال مع حسابات عمر الخيّام لطول السنة، سيغرينا اعتبار تقويم المايا «أدقّ» من تقويمنا، لكنّ أسباباً خفيّة تمنعنا من ذلك: أوّلاً، سرعة دوران الأرض ليست ثابتة على امتداد آلاف السنين كما سنناقش في الفصل القادم. ثانياً، تطوير تقويم زمنيّ ما لا يتعلّق فقط بحساب طول السنة الشمسيّة، العلماء الذين طوّروا التقويم الغريغوريّ أرادوا في الوقت نفسه الحفاظَ على موعد الانقلاب الربيعيّ[1] ثابتاً من سنة إلى سنة، وتقويمنا على حدّ قول الفلكيّ والمؤلّف دانيل ستيل أفضل من تقويم المايا في هذا الصدد... لكن مثل هذه المقارنات تشبه باعترافه أن «نقارن التفّاح بالبرتقال».

بالنسبة للمايا، يقدّم التقويم ودوراته قفزةً عقليّة عبر هاوية الزمن، وإطلالةً على الأبديّة: كي ننطلق بعيداً صوب الماضي أو المستقبل دون أن

1- الانقلاب الربيعيّ يحدّد بداية الربيع بالنسبة لنا في نصف الكرة الشماليّ، أمّا في جنوبها فيحدّد بداية الخريف. فالك

يعيقنا شيء، سنبدأ ببساطة بالـ «تن» Tun ونوسّعه من خلال ضربه بـ 20: عشرون «تن» تساوي «كاتُن» Katun (7200 يوم أو ما يعادل 20 سنة تقريباً)، عشرون «كاتن» تساوي «باكتن» Baktun (144000 يوم أو ما ينوف على 394 سنة)، وعندما نبلغ «آلاتُن» Alatun فنحن نتحدّث عن فترة تساوي ثلاثة وستّين ألف عام.

المايا و«الزمنُ الحيُّ»

أبرز ما يميّز مفهوم الزمن عند المايا عنه عند الغرب ليس تعدّدَ طرق حسابه، بل كيف يتخيّل المايا طبيعة الزمن بحدّ ذاتها. بالنسبة لنا، الزمنُ «ليس حيّاً»، نحن نشعر بمروره بمعدّل ثابت دون أن تكون له علاقة سواء بالإنسان أو بالآلة، ولا نستطيع أن نسرّعه ولا أن نبطّئه. بالنسبة للمايا، الزمنُ هو «عضويّة حيّة»، فضلاً عن أنّ النساء والرجال يشاركون في صلب عمليّة مروره، وحكّام المايا الذين أوكلت إليهم مهمّة إبقاء تلك السمفونيّة الزمنيّة متناغمة يجسّدون جوهرَ الزمن. كان دورهم ذاك «أساسياً لترسيخ الدعم الكونيّ للمَلكيّة المقدّسة» كما كتب ديڤيد ستوارت من جامعة هارڤارد، ففي عالم المايا «يتماهى الملك صراحة مع الآليّات الزمنيّة للكون». لدى المايا كما كتب أنتوني آڤيني «هوسٌ دائمٌ» بتوقيت كلّ الأحداث سواء البشريّة أو السماويّة، ولم يكن بمقدورهم الفصل بين هذين النوعين من الأحداث: «كان المايا مؤمنين بالقدَر في أعماقهم، وبذلوا كلّ ما في وسعهم لإيجاد أنماط معيّنة متكرّرة من خلال مراقبةِ السماء وتسجيلِ المعلومات عن الأحداث السماويّة الماضية، ومن ثمّ استعمالها كدليل للتنبّؤ بالمستقبل. بالنسبة لهم، شكّلت تلك الأنماط دليلاً معقولاً على اعتقادهم الراسخ بأنّ المستقبل موجود في الماضي، وأنّ بإمكانهم التنبّؤ بالأحداث التي ستحصل في المستقبل القريب والبعيد، من خلال تفحّص أحداث الماضي بدقّة».

ولع المايا بالدورات السماويّة التي لا تُحصى يتجلّى بوضوح في أشهر آثارهم الباقية: مخطوطات دريسدن -يعود تاريخها إلى القرن الثاني عشر للميلاد، لكنّها سمّيت على اسم المدينة الألمانية التي اكتُشِفَتْ فيها بعد سبعة

قرون- المزدانة بالزخارف، والتي تحتوي تسجيلاً لمئتين وخمس دورات قمريّة تغطّي ما ينوف على 11968 يوماً. باستخدام نظام عدديّ أساسه الرقم 20 (وليس 10 كما في نظامنا العشريّ) يمكن استخدام مخطوطات دريسدن للتنبّؤ بكلّ من كسوف الشمس وخسوف القمر، وهي معرفة عزّزت سلطة النخبة الحاكمة بلا شكّ.

جبريّة المايا تبدو واضحة حتّى من خلال التسميات التي أطلقوها على الأيّام: كلّ يوم من الأيّام العشرين التي تؤلّف تقويمهم كان إلهاً في الأصل، كما اعتبروا أنّ لكلّ يوم شخصيّة مميّزة وأنّ بعض الأيّام جيّدة للقيام بنشاطات معيّنة وسيّئة للقيام بغيرها، ومن المتوقّع أن يتحلّى الطفل الذي يولد في يوم معيّن بشخصيّة تتوافق مع ذلك اليوم ومع الإله المرتبط به. بالنسبة لهم، «الأيّام لها حياتها الخاصّة» كما يقول ستوارت الذي يشغل منصب قيّم على مجموعة تراث المايا في متحف بيبادي Peabody في هارڤارد.

بما أنّ زمن المايا هو «كائن حيّ» لذلك فهو يستجيب لأفعال الإنسان. في الواقع، إبقاء الزمن في مساره كان مسؤوليّة المجتمع ككلّ، وعلى جميع الأفراد أن يشاركوا فيها. بأيّ حال، يتحمّل الملك العبء الأكبر باعتباره حاكماً تختاره الآلهة، كما أنّه يمثّل تجسيداً للزمن، ومن واجبه أن يستعمل «الزمن» كي يحافظ على النظام الاجتماعيّ والسياسيّ والكونيّ. متطلّبات تلك المسؤوليّة الزمنيّة تتجسّد في واحدة من أكثر معروضات متحف بيبادي إبهاراً: مذبح حجريّ يُعرف باسم Altar Q مصدره مدينة كوبان في الهندوراس الحاليّة، أطلعني عليه البروفيسور ستوارت عندما زرتُه مؤخّراً في هارڤارد. نُحِتَتْ على المذبح الأشبه بطاولة صغيرة مربّعةٍ شخصيّاتٌ تمثّل ستّة عشر ملكاً، بمعدّل أربعة على كلّ ضلع، تجسّد أربعمئة عام من التاريخ. يدور الزمن حول المنحوتة بحيث يواجه الملكُ السادس عشر الملكَ الأوّل وجهاً إلى وجه، ويعطي الملك القديم للجديد ما يشبه المشعل.

«المذبح تقدمة من هذا الرجل» شرح لي ستوارت وهو يشير للملك السادس عشر(والأخير)، «إنّه الملك الحيّ واسمه ياكس باساج». إلى جواره نُقِشَتْ رموز تشير إلى تاريخ التتويج، وتخلّد الذكرى الرمزيّة لانتقال العرش من الملك المؤسّس. ابتسم ستوارت وقال: «أليس هذا رائعاً؟! لقد أكمل

الزمن دورة كاملة». ياكس باساج كان في الواقع آخر ملك، إذ سرعان ما انهار نظامه، ربّما بسبب الفيضانات والمجاعة والحروب التي كانت مستعرّة حول مدينة كوبان في ذلك الوقت (القرن 8م). يتساءل ستوارت إن لعب التقويم دوراً بانهيار المملكة: لقد بدأ الملك حكمه عندما كانت دورة الباكتُن bactun (تتألّف من 394 سنة) على وشك الانتهاء، وربّما انتهت قصّة كوبان مع هذا الحاكم تحديداً «لأنّ التاريخ أتمّ دورة كاملة» كما يقترح ستوارت، «سيصعب على أيّ ملك يخلفه أن يحشر نفسه في هذا النموذج الكونيّ»، وأضاف أنّ المايا في كوبان آنذاك «ربّما اعتبروا أنّ التغيير أصبح ضروريّاً!».

الدورةُ الشاذّة: الأسبوع

لقد ناقشنا الأيّام والأشهر والسنوات، وكلّها تحدّدها الحركاتُ السماويّة بوضوح. على النقيض منها، يبدو الأسبوع اصطناعيّاً أكثر بكثير: الأسبوع في عصرنا الحاليّ غير مرن، ولا يمكن توقّعه بالدرجة نفسها مثل الشهر أو السنة. السنة الغريغوريّة المعاصرة تتألّف من 365 أو 366 يوماً، الشهر قد يتراوح بين 28–31 يوماً، أمّا الأسبوع المؤلّف من سبعة أيّام فيبدو جامداً. الأوّل من كانون الثاني يحدّد بداية سنة جديدة وشهر جديد (وأحياناً بداية عقد أو قرن أو ألفيّة جديدة)، وفي ستّ مرّات من أصل سبع يقع عشوائيّاً في منتصف الأسبوع.

جذور الأسبوع أقلّ وضوحاً بكثير من بقيّة الوحدات الزمنيّة المستخدمة في التقاويم، وربّما نشأ في الأصل كمحاولة لتقسيم الشهر إلى أربعة أقسام متساوية تقريباً: القمر الجديد، التربيع الأوّل، البدر، التربيع الأخير. مع أنّ هذا التقسيم يجعل الأسبوع تقنيّاً أطول بقليل من سبعة أيّام ($29.53 \div 4 = 7.38$ يوماً). هناك دافع سماويّ آخر يصبّ لمصلحة الرقم 7: في العصور القديمة، عددُ «الأجرام المتحرّكة» المعروفة آنذاك في السماء كانت سبعة كواكب بالمجمل (الشمس، القمر، عطارد، الزهرة، المريخ، المشتري، وزحل)، لذلك ربّما تعود أيّام الأسبوع بأصولها إلى البابليّين الذين أوجدوا صلة فلكيّة بين الآلهة وأيّام الأسبوع.

فكرة الأسبوع ترتكز أيضاً بشكل جوهريّ على مفهوم «يوم السبت» Sabbath، وهو يوم خاصّ للراحة يرتبط مع عمليّة الخلق في سفر التكوين (الكتاب الأوّل في العهد القديم العبريّ). تُشتقّ كلمة السبت Sabbath من يوم Sabattu البابليّ، وهو يوم شرّير يرتبط مع عشتار إلهة القمر، كما نلاحظ أنّ البابليّين أعطوا مرتبة خاصّة لكلّ سابع يوم من التقويم، وأنّ لديهم مفردة خاصّة مستقلّة هي Sibitu تعني ببساطة «السابع». لذلك، يتّفق معظم الأكاديميّين على أنّ الأسبوع المكوّن من سبعة أيّام مع يوم راحة أسبوعيّ، هو فكرة يهوديّة مأخوذة مع بعض التعديلات عن البابليّين إبّان السبي البابليّ وما بعده.

معظم الأديان -كما فعل البابليّون- تقرن أيّام الأسبوع مع آلهة مختلفة. ترجع جذور التسميات الإنجليزيّة المعاصرة لأيّام الأسبوع إلى الأسماء التي أطلقها الساكسونيّون على آلهتهم، ويوضّح لنا المقابل اللّاتينيّ للاسم من كان ذلك الإله المبجّل:

يوم Dies Solis اللّاتينيّ هو «يوم الشمس» Sun's day الساكسونيّ، الذي أصبح يوم الأحد Sunday في عصرنا.

Dies Lunae هو يوم القمر Moon's day الساكسونيّ الذي أصبح يوم الإثنين Monday حاليّاً.

Dies Martis (يوم المريخ) هو يوم الإله تيو Tiw's day الساكسونيّ، أي الثلاثاء Tuesday حاليّاً.

Dies Mercurii (يوم عطارد) هو يوم الإله وُدن Woden's day، أي الأربعاء Wednesday حاليّاً.

Dies Jovis (يوم المشتري) هو يوم الإله ثور Thor's day، أي الخميس Thursday.

Dies Veneris (يوم الزُهرة) هو يوم الإلهة فريغ Frigg's day، أي الجمعة Friday.

Dies Saturni (يوم زُحل) هو يوم الإله ستيرن Seterne's day، أي السبت Saturday.

أتساءل كم مرّة كان الإله وُدِن، إله الشِعر عند الجرمان والفايكنغ، سيُذكَر في أيّ محادثة يومياً لو لم يُخلّد في منتصف الأسبوع الغربيّ!

لكن لماذا تمضي الأيّام وفق هذا الترتيب بالذّات؟! ترتيبها لا يتعلّق بشدّة سطوع الكواكب، وإلّا لحلّ المشتري وزحل قبل المرّيخ وعطارد، ولا يتعلّق بالسرعة التي يتحرّك بها الكوكب نسبة للنجوم الأخرى مع مرور الوقت –وهو ما يدعوه الفلكيّون بالتوقيت النجميّ Sidereal period– وإلّا لكان الترتيب من التوقيت النجميّ الأطول إلى الأقصر كالتالي: زحل، المشتري، المرّيخ، الشمس، الزهرة، عطارد، القمر. لا علاقة لترتيب الكواكب كذلك بمعدّل ارتصافها مع الشمس في السماء (وهو ما يدعى الدورة الاقترانيّة Synodic period[1]) وإلاّ لكانت: المرّيخ، الزهرة، المشتري، زحل، عطارد، القمر (الدورة الاقترانيّة غير موجودة بالنسبة للشمس حسب التعريف). الإجابة كما يتّفق معظم المؤرّخين تتضمّن صلة بين أيّام الأسبوع وساعات اليوم: عندما قسّم الفلكيّون القدماء اليومَ إلى أربع وعشرين ساعة، ربطوا بين كلّ ساعة من الساعات وبين أحد الأجرام السماويّة، مقتنعين أنّ الكوكبَ «يحكم» تلك الساعة. زحل، وهو الكوكب الأبطأ، كان الأقوى بنظرهم ولذلك جعلوه يحكم الساعة الأولى من اليوم الأوّل (يوم السبت في العصور القديمة)، من ثمّ بالاعتماد على «التوقيت النجميّ» تتوالى الكواكب كالتالي: يحكم المشتري الساعة الثانية من النهار الأوّل، المريخ يحكم الثالثة، وهكذا دواليك. بعد أن يحكم القمر الساعة السابعة، تعود الدورة مجدّداً إلى زحل الذي يحكم الساعات 8، 15، و22 (أي كلّ سابع ساعة)، المرّيخ يتحكّم بالساعة 24 من النهار الأوّل، ومن ثمّ يحين دور الشمس بالارتباط بالساعة الأولى من النهار الثاني (يوم الأحد). بالمتابعة على هذا المنوال، تدور الدورة عبر سبعة أجرام سماويّة خلال 24 ساعة يومياً، فنحصل على ترتيب أيّام الأسبوع[2].

1- الفترة اللّازمة كي يعود فيها الكوكب إلى تشكيل الزاوية نفسها مع الشمس كما تُرى من الأرض. المترجمة

2- أي أنّ توالي الأيّام حسب أسماء الكواكب التي تمثّلها يتحدّد وفق الكوكب الذي يحكم فلكياً الساعة الأولى من كلّ يوم. المترجمة

في نهاية المطاف، استقلّ الأسبوع عن الشهر والسنة غالباً على يد الرومان، وحلّ يومُ الأحد مكان السبت باعتباره أوّل أيّام الأسبوع.

لا يتعلّق تركيب الأسبوع بالسماوات فقط، سبعة أيّام هي فاصل مناسب لدورة السوق، وفرصة للمزارعين والتّجار كي يلتقوا ويتبادلوا البضائع. تفضيل الأيّام السبعة ليس خياراً عالمياً: بعض القبائل الأفريقيّة اعتمدت دورة تجاريّة تبلغ خمسة أيّام، الإنكا في أمريكا الجنوبيّة فضلّوا ثمانية أيّام، الصينيّون القدماء اعتمدوا على عشرين، كما حاولت فرنسا بعد الثورة أن ترسّخ أسبوعاً طوله عشرة أيّام عام 1792م لكنّها فشلت. اعتمد الرومان على ثمانية أيّام في دورة السوق، قبل أن يقوم الإمبراطور قسطنطين عام 321م بفرض يوم الأحد كأوّل يوم في أسبوع جديد مؤلّف من سبعة أيّام رسمياً (في أغنية البيتلز «ثمانية أيّام في الأسبوع»، ربّما تمثّل سخرية كاتب الكلمات كما يعلّق دنكان ستيل اشتياقاً إلى فتاة رومانيّة عاشت في الحقبة ما قبل قسطنطين!).

تقويم يوليوس قيصر كان إنجازاً فائق الأهميّة، لكنّه يشكو من علّة أساسيّة: يبلغ متوسّط طول السنة فيه $365\frac{1}{4}$ يوماً، أي أنّه أقصر بإحدى عشرة دقيقة من السنة الشمسيّة الحقيقيّة. بحلول الوقت الذي انتُخِبَ فيه المحامي ورجل الدولة أوغو بونكومباني في منصب البابا غريغوري الثالث عشر (1502–1585م)، كان ذلك الفرق قد تراكم وأصبح عشرة أيّام كاملة، والسنة اليوليانيّة تنزاح نسبة للفصول وتزيح معها كلّ الأعياد والأيّام المقدّسة، وإن لم يقم أحد بإصلاح الوضع، سيصبح عيد الفصح عيداً صيفياً في نهاية المطاف!

مشكلة عيد الفصح

يستحقّ توقيت عيد الفصح أن نلقي عليه نظرة فاحصة باعتباره أهمّ عيد في السنة المسيحيّة، قبل أن نتعرّف على حلّ البابا غريغوري.

يحتفل عيد الفصح بقيامة يسوع، التي يعتقد المسيحيّون أنّها حدثت بعد ثلاثة أيّام من موته على الصليب (يتّفق المؤرّخون اليوم على أنّ تاريخ موت يسوع كان بين 27م و33م). يرتبط عيد الفصح المسيحيّ على نحو وثيق مع الفصح اليهوديّ (بيساح): يُعتَقدُ أنّ «العشاء الأخير» الذي تناوله

يسوع مع حواريّيه قبل صلبه كان «مائدة ليلة العيد»، أي «السيدر» اليهوديّة اعتماداً على الأحداث التي يصفها العهد الجديد في الإنجيل. بدأ الاحتفال بعيد الفصح المسيحيّ في القرن الثاني الميلاديّ، وتطوّر بلا شكّ من أعياد وثنيّة أقدم تترافق مع حلول الربيع (كلمة الفصح Easter مشتقّة من اسم إله الربيع الاسكندنافي Eostre)، واحتفلت الطوائف المختلفة بيوم الفصح في مواعيد مختلفة: بعضها اتّبعت التقويم اليهوديّ واحتفلت بالفصح في اليوم ذاته الذي يحتفل فيه اليهود بالبيساح أي 14 نيسان، بغضّ النظر عن اليوم الذي يقع فيه، بينما أولت طوائف مسيحيّة أخرى اليومَ بحدّ ذاته أهميّة، واعتبرت أنّ عيد الفصح يقع في يوم الأحد الذي يتلو البيساح.

في النهاية، انتصرت المقاربة الأخيرة: قرّر المسيحيّون أنّ صلب المسيح حدث في يوم الجمعة الحزينة، واحتفلوا بقيامته في الأحد الذي يليها، لكن أيّ يوم أحد؟! الحلّ الأبسط كان اختيار الأحد الأوّل بعد البيساح، رغم وجود العديد من الأسباب الخاصّة التي أعاقت ذلك، منها طبيعة التقويم اليهوديّ بحدّ ذاته والمجال الواسع للتواريخ التي قد يقع فيها البيساح. يقال إنّ موعد البيساح يتوافق غالباً مع «أوّل بدر في الربيع»، لكنّها مغالاة في التبسيط: التقويم اليهوديّ يعتمد «شهوراً» كبيسة كاملة، وليس مجرّد يوم إضافيّ كما في السنة الكبيسة من التقويم اليوليانيّ، وبالتالي سيتراوح موعد البيساح ضمن مدى واسع من المواعيد مقارنة بالتقويم اليوليانيّ (ولاحقاً الغريغوريّ). في السنوات الكبيسة، تلك التي تتألّف من 13 شهراً في التقويم اليهوديّ، قد يحلّ البيساح بعد شهر كامل من موعد الانقلاب الربيعيّ كما حدث عام 2008، بينما أرادت الكنيسة أن تضمن عدم تأخّر عيد الفصح عن موعد الانقلاب الربيعيّ أكثر من شهر.

هناك أسباب أخرى أيضاً لعدم اختيار الأحد التالي للبيساح: أراد المسيحيّون النأي بأنفسهم عن اليهود، ولم يرغبوا أن يرتبط أقدس أعيادهم على نحو وثيق مع عيد يهوديّ، ولذلك «اخترعوا سبباً للاختلاف عن النظام اليهوديّ» كما يكتب دانيل ستيل، فابتكر قادة الكنيسة في منتصف الألفيّة الأولى للميلاد عدّة طرق لحساب موعد الفصح، تلاعبوا بها كلّها بحيث لا يمكن أن يحلّ عيد الفصح والبيساح معاً في اليوم ذاته.

أثار موعد عيد الفصح جدلاً ساخناً عندما اجتمع أبرز أعلام العالَم المسيحيّ في نيقيا Nicaea، التي تقع حالياً في شمال شرقي تركيا عام 325م. الإمبراطور قسطنطين الذي كان متعاطفاً مع الدين الجديد منذ زمن طويل - رغم أنّه انتظر كي يصبح على فراش الموت قبل أن يُعمَّد رسميّاً- ترأس شخصيّاً هذا الاجتماع الذي شارك فيه أكثر من ثلاثمئة عالِم ورجل دين. القرار الذي اتّخذوه بالنسبة لعيد الفصح غامض نوعاً ما، لأنّ السجلّات الرسميّة للاجتماع ضاعت كلّها، لكن من الواضح أنّهم شدّدوا على رغبتهم بأن يحتفل كلّ العالَم المسيحيّ بالفصح في اليوم ذاته. مع ذلك، لم يخمد الجدل: اعتمدت بعض الطوائف على نصيحة العلماء المصريّين لتحديد التاريخ الملائم، بينما استمرّت الطوائف الأخرى باتّباع التقويم اليهوديّ. في النهاية، قرّرت السلطات أن تتخلّى عن الطرق الفلكيّة، وأن تعتمد على نموذج رياضيّ يحاكي حركة الشمس والقمر والنجوم. سيتمّ حساب موعد عيد الفصح بسهولة ما إن يؤسَّس هذا النموذج الدقيق، ولن تحتاج السلطات إلى استشارة الفلكيّين في الإسكندريّة ولا الكهنة في القدس.

في وقت ما بعد مؤتمر نيقيا، تمّ الاتّفاق على أنّ الاحتفال بعيد الفصح سيتمّ في يوم الأحد الأوّل الذي يتلو اليوم الرابع عشر لـ «قمر البيساح»، وهو أوّل شهر قمريّ يقع يومه الرابع عشر بعد الانقلاب الربيعيّ (تذكّروا أنّ الشهر القمريّ يبدأ بظهور الهلال الجديد). عويص، أليس كذلك؟! هذا الحلّ يكافئ تقريباً -وليس تماماً- اختيار أوّل يوم أحد يتلو البدر الأوّل بعد الانقلاب الربيعيّ، مع الانتباه إلى أمر آخر وهو: إن ظهر البدر المكتمل في يوم أحد، يُؤجَّل عيد الفصح إلى الأحد الذي يليه! هذه القواعد الملتوية حقّقت هدفاً واحداً على الأقلّ: ضمان ألّا يقع عيد الفصح والبيساح في اليوم ذاته، لكنّ الخلاف استمرّ بين الكنائس المختلفة حول موعد الفصح، وهذا ناجم إلى حدّ ما عن عدم اتّفاق الأساقفة في الإسكندريّة وروما على موعد الانقلاب الربيعيّ الذي تعتمد عليه كلّ الحسابات.

الصراع حول موعد عيد الفصح يلقي الضوء عرضاً على أشيع الأفكار الخاطئة عن العلاقة بين الكنيسة الكاثوليكيّة والعلم: لطالما اعتُبِرَت الكنيسة معادية للبحث العلميّ على خلفيّة قضية غاليليو. في الواقع، كانت

الكنيسة خلال العصور الوسطى وصولاً إلى العصر الحديث، من أهمّ الداعمين لعلم الفلك وتسجيل الزمن على نحو دقيق، وذلك كنتيجة مباشرة لمعضلة عيد الفصح. استُعمِلَتْ عشرات الكنائس والكاتدرائيّات في روما، ميلانو، فلورنسا، وبولونيا كمراصد فلكيّة نظراً لوجود العديد من الفتحات الاستراتيجيّة في جدرانها وسقوفها، والتي تسمح لأشعّة الشمس برسم «خطّ زوال[1]» Meridian line وفق محور شماليّ - جنوبيّ على الأرض، ممّا يفيد في حساب مواعيد انقلاب الفصول التي يعتمد عليها تحديد موعد عيد الفصح.

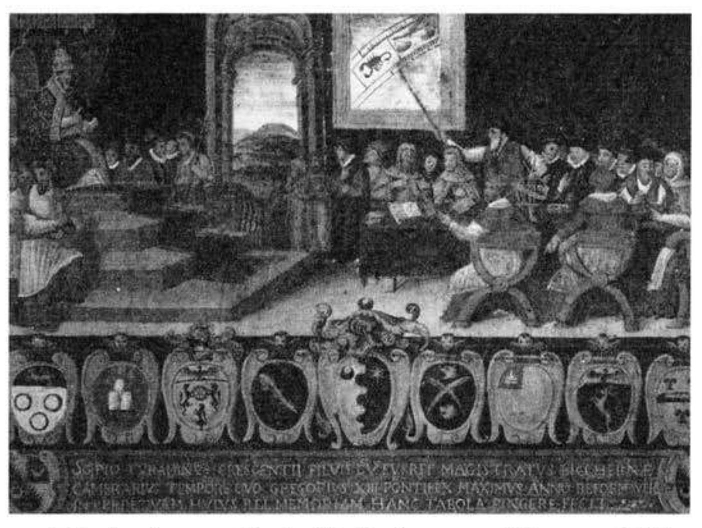
الخطوة المفصليّة اللّاحقة اتّخذها الراهب ديونيسوس إكزغيوَس خلال القرن السادس الميلاديّ، عندما أنشأ مجموعة من الجداول تسمح بحساب مواعيد عيد الفصح في العقود، بل والقرون التالية. بقيت تلك الجداول قيد الاستعمال مئات السنين، لكنّها تشكو في الواقع من عيب جوهريّ: أوّلاً، القيمة التي استعملها ديونيسوس لطول الدورة القمريّة كانت خاطئة بنسبة ضئيلة. ثانياً، وهو الأهمّ، القيمة التي اعتمدها لطول السنة بحدّ ذاتها والمأخوذة من التقويم اليوليانيّ كانت قصيرة جدّاً، ومع حلول عصر البابا غريغوري الثالث عشر بلغ الخطأ المتراكم من حسابات ديونيسوس أسبوعاً كاملاً.

حلُّ غريغوري

ألّف البابا غريغوري الثالث عشر لجنة لدراسة مشكلة التقويم في منتصف حقبة 1570م. كان من بين أعضاء اللجنة طبيب اسمه آلوِيْشَس ليليوس (1510-1576م)، وفلكيّ جيزويتيّ هو كريستوفر كلاڤيوس (1538-1612م) الذي يلقّبه المؤرّخون بإقليدس القرن السادس عشر بسبب عبقريّته في الرياضيّات، وحفنة من الأعضاء الآخرين الأقلّ شهرة. درست اللجنة المخطّطات والجداول في محاولة للتوصّل إلى طول السنة الحقيقيّ، وبذل

1- خطّ الطول الذي يصل بين القطبين الشماليّ والجنوبيّ، ويقاس بالنسبة لخطّ الصفر المارّ بجرينتش اصطلاحاً. المترجمة

الأعضاء أقصى جهدهم لإيجاد نوع من التوفيق بين هذا الطول وبين متوسّط السنة العاديّة وتلك الكبيسة. الطبيب ليليوس كان من توصّل إلى المعادلة الرابحة في النهاية: لقد أدرك أنّ التقويم اليولياني يتأخّر بمقدار يوم واحد كل 134 عاماً، أو 3 أيّام كل 402 عام. قام بتقريب ذلك الرقم بغرض التبسيط إلى 400، واقترح أن يتمّ حذف 3 أيّام من التقويم الجديد كلّ 400 عام. في التقويم اليوليانيّ، «سنوات القرون» مثل 1500، 1600، 1700 هي سنوات كبيسة لأنّها تقبل القسمة على العدد 4. أمّا في الخطّة الجديدة، فقط السنوات التي تقبل القسمة على 400 (مثل 1600) ستكون كبيسة، أمّا باقي «سنوات القرون» -التي كانت كبيسة وفقاً للتقويم اليوليانيّ- فستبقى سنوات عاديّة طولها 365 يوماً. لاحظوا أنّه وفقاً لهذا النموذج الجديد، أوّل عام ستنطبق عليه الحسابات الجديدة هو عام 1700، وبحلوله سيكون كلّ أعضاء اللجنة التي عملت على إصلاح التقويم راقدين بسلام في مملكة اللّازمن!



البابا غريغوري الثالث عشر يترأس لجنة إصلاح التقويم حوالي عام 1582م

من حسن حظّ ليليوس أنّ خطّته سارت جيّداً. لقد أجرى حساباته استناداً إلى جداول وُضِعَت في عام 1252م تُعرَف باسم «الجداول الألفونسيّة» نسبة إلى الملك الإسبانيّ ألفونسو العاشر، وتعتمد على سنة شمسيّة طولها

365 يوماً و5 ساعات و49 دقيقة و16 ثانية، أي أنّها أطول بحوالي 30 ثانية فقط من طول السنة الشمسيّة الفعليّ. التصحيح الذي طرحه ليليوس يعتمد على طول وسطيّ للسنة الشمسيّة أقرب قليلاً إلى الواقع، ويبلغ 365 يوماً و5 ساعات و48 دقيقة و20 ثانية، أي أقصر بـ 26 ثانية فقط من طول السنة الشمسيّة الفعليّ. التقويم الغريغوريّ حتّى يومنا هذا ما زال يجري «أسرع» قليلاً من فصول السنة، ويربح يوماً إضافيّاً كلّ 3300 عام.

تصدّت اللجنة أيضاً لموضوع موعد عيد الفصح، ووضعت حدّاً لتلك المعضلة التي دامت قروناً، رغم أنّ الحلّ الذي أوجدَتْه يبدو معقّداً أكثر من ذي قبل بالنسبة للعين غير الخبيرة، لأنّه يستخدم نموذجاً رياضيّاً يحاكي دورة القمر، ويعتمد على الدورة الميتونيّة المكوّنة من 19 عاماً، وعلى تراكيب سحريّة مثل «الأرقام الذهبيّة» و«الأيام المُضافَة» Epact، ومن دواعي سعادتي أنّها خارج موضوع هذا الفصل!

رغم كلّ تلك الحلول الغامضة الملتوية، ما يزال موعد عيد الفصح بشكل تقريبيّ هو «أوّل يوم أحد يلي أوّل بدر في الربيع»! التقويم المسيحيّ هو تقويم قمريٌّ - شمسيّ يتزامن مع إيقاع الفصول، لكنّه يحتفل بأعياد معيّنة مثل عيد الفصح اعتماداً على أطوار القمر.

تأثّر البابا غريغوري الثالث عشر بتوصيات ليليوس واللجنة، وأصدر ملخّصاً من عشرين صفحة يشرح فيه الخطوط العريضة للإصلاح في 5 كانون الثاني 1578م، وتضمّن بين ما يحتويه إعلاناً عن أنّ السنة الجديدة ستبدأ في الأوّل من كانون الثاني، كما كان الحال في زمن يوليوس قيصر قبل 15 قرناً. تمّ إقرار الإصلاح رسميّاً في مرسوم بابويّ صدر في 24 شباط 1582م، تضمّن كذلك أمراً بحذف عشرة أيّام من التقويم الجديد، في محاولة من خطوة واحدة لحلّ مشكلة الأيّام التي ضاعت جرّاء استخدام التقويم اليوليانيّ طيلة قرون عديدة. بالتالي، يوم 4 تشرين الأوّل 1582 تلاه مباشرة يوم 15 تشرين الأوّل، ممّا أثار اضطراب بعض الناس حول ما بدا لهم أنّه «زمن مفقود»، كما قلق التجّار حول حساب الأرباح والخسائر، وارتبك أصحاب البنوك بحساب الفوائد.

لحقت معظم الكنائس الكاثوليكيّة بخطى البابا على الفور: تبنّت إيطاليا وإسبانيا والبرتغال الإصلاحَ الغريغوريّ مباشرة، تبعتها فرنسا وبلجيكا بعد عدّة أشهر، والأجزاءُ الكاثوليكيّة من ألمانيا وسويسرا خلال سنتين. البلدان البروتستانتيّة – ومن ضمنها المقاطعات البروتستانتيّة في ألمانيا– عارضت الإصلاح، ووصف أحد اللّاهوتيّين الممتعضين البابا غريغوري الثالث عشر بأنّه «المسيح الدجّال الرومانيّ» كما يكتب ديڤيد يُوِنْغ دنكان، ورفض استعمال تقويمه معتبراً إيّاه بمنزلة «حصان طروادة مصمّم لخداع المسيحيّين الحقيقيّين كي يمارسوا عباداتهم في الأيّام المقدّسة الخطأ»، لكنّ الممانعة للتقويم الغريغوريّ أصبحت أضعف فأضعف مع مرور القرون، وتمّ اعتماده من قبل الكثير من الأمم والشعوب. بحلول عام 1700م، انصاعت له معظم أجزاء ألمانيا والدانمارك، بينما تأخّرت السويد إلى عام 1753م وطبّقته بعد الكثير من الجدل.

أعيدوا لنا أيّامنا الأحد عشر!

الوضع في إنجلترا كان إشكاليّاً على نحو خاصّ، مع ملكة بروتستانتيّة هي إليزابيث الأولى التي تواجه دوماً مثيري المشاكل الكاثوليكيّين. رغم أنّ مستشارها الموثوق جون دي 1527–1608م حثّها على اعتماد نسخة معدّلة قليلاً عن التقويم الغريغوريّ، لكن 170 عاماً انقضت قبل أن تتبنّاه إنجلترا (بريطانيا في ذلك الوقت): كتب سياسيّ متقاعد ووزير دولة سابق هو إيرل تشيسترفيلد فيليب دورمر ستانهوب (1694–1773م) مذكّرة عُرِضت على البرلمان الذي وافق عليها، ومن ثمّ وقّعها الملك جورج الثاني في 22 أيّار 1751م، رغم أنّ ستانهوب نفسه كما يشير دنكان اعترف بأنّه «لم يستطع أن يفهم» تفاصيل الجدل الذي تدور حوله المذكّرة!

من أجل تحقيق التزامن مع التقويمِ الغريغوريّ، كان على بريطانيا ومستعمراتها أن تحذف أحد عشر يوماً: عشرة حذفتْها البلدان الكاثوليكيّة نتيجة للإصلاح الغريغوريّ، والحادي عشر لأنّ تلك البلدان اعتبرت عام 1700م كبيساً بينما كان عاماً عاديّاً بالنسبة لبريطانيا التي تتبع التقويم

اليوليانيّ. وهكذا، يوم 2 أيلول 1752 تلاه يوم 14 أيلول، وأصبحت السنة الجديدة منذ ذلك التاريخ فصاعداً تبدأ في 1 كانون الثاني لا في 25 آذار كما جرت العادة. مرّة أخرى، احتجّ الناس العاديّون على «الأيّام المفقودة»، واندلعت أحداث شغب في لندن وبريستول هتف فيها المتظاهرون: أعيدوا لنا أيّامنا الأحد عشر!

الكنيسة الأرثوذكسيّة الشرقيّة رفضت الإصلاح بدورها، وما زال رعاياها يحتفلون بعيد الفصح حتّى يومنا هذا في موعد مختلف عن بقيّة المسيحيّين في أنحاء العالم. بأيّ حال، العديد من البلدان الأرثوذكسيّة وافقت على الإصلاح الغريغوريّ لأسباب مدنيّة في بدايات القرن العشرين، ولحقت روسيا بها بعد ثورة عام 1918، بينما كان على الصين الانتظار إلى ما بعد استيلاء الشيوعيّين على السلطة في عام 1949.

ليس واضحاً ما إذا كانت الحضارة البشريّة ستستمرّ ألف عام آخر (كما يقول يوجي بيرا مازحاً: «من الصعب التنبّؤ، خاصّة بالمستقبل»)، لكن إن بقي هناك بشرٌ يستمتعون بالبرامج الحواريّة الليليّة، أنا أتخيّل أنّه سيبقى باستطاعة ديڤيد ليترمان في القرن 31 أن يستعين بنكتة قديمة مُكرّرة عن الزمن!

إن بقي هناك أيّ تقويم، أراهن أنّه سيكون الغريغوريّ، ولن يفاجئني في الواقع لو استمرّ هذا التقويم بعد اندثار الأديان العديدة التي اخترعته... سيصبح آخر بابا طيّ النسيان، لكنّ تقويم البابا غريغوري الثالث عشر سيدوم لزمن أطول بكثير.

* * *



الساعاتُ، الدقائقُ، الثواني

تقسيمُ اليوم

عُلِّقَتْ بالحلقة اليمنى سلسلةٌ فضيّة ضخمة تتدلّى منها آلة رائعة... وضعَ الآلة على آذاننا، إنّها تصدر ضجّة لا تنقطع أشبه بصوت الطاحون. نتصوّر أنّها إمّا صوت حيوان ما لا نعرفه أو صوت الإله الذي يعبده، لكننّا ميّالون أكثر إلى الاحتمال الثاني لأنه أكّد لنا... أنّه نادراً ما يقوم بأيّ شيء دون استشارته، وسمّاه «متنبّي»، وقال إنّه يدلّه على توقيت كلّ حدث من أحداث حياته.

• جوناثان سويفت / رحلات غوليفر.

اقتربتُ من بداية مدخل للسيّارات طويل متعرّج خارج جادّة ماساشوستس، على بعدُ كيلومترات قليلة إلى شمال غربي مدينة واشنطن، وعندها اكتشفتُ أنّني استقطبتُ أنظار حارس مسلّح. خرج من المحرس متّجهاً نحوي بسرعة، وسألني بأسلوب رسميّ إن كان بإمكانه مساعدتي، وبدا لي أنّ العديد من كاميرات المراقبة تركّزتْ عليّ. «لديّ موعد مع د. ماتساكيس في المرصد» شرحتُ له، فتبيّن لي أنّني عند المدخل الخطأ! يجب أن أدور حول المكان إلى اليسار، من ثمّ أصعد التلّة. من الواضح أنّ العديد ممّن يزورون «مرصد البحريّة الأمريكيّة الفلكيّ» يرتكبون الخطأ

ذاته، فالمدخل الأوّل يقود إلى مقرّ إقامة نائب الرئيس! لا يوجد عمل مباشر يجمعني مع ديك تشيني، لذلك تابعتُ طريقي (لا شكّ أن منظري فضحني! أتوقّع أنّ زوّار السيّد تشيني يصلون في سيّارات سوداء لمّاعة، لا مشياً على الأقدام من محطّة الباص). تساءلتُ إن ألقى تشيني أو زعيمه نظرةً عبر واحد من التلسكوبات العديدة الموجودة في المرصد، مثلما فعل أبراهام لنكولن الذي يقال إنّه كان يستمتع بمنظر القمر ونجم السمّاك الرامح Arcturus من خلال التلسكوب الكبير العاكس.

بعد مسيرة قصيرة، وصلتُ إلى المبنى الإداريّ الفخم في قلب مجمّع المرصد. قبّة التلسكوب البيضاء تعلو في الطرف الغربيّ من المبنى، وإلى جوارها على السطح «كرة الزمن» الذهبيّة التي تنزلق للأسفل يوميّاً عند الظهيرة، ممّا يتيح للقوارب في نهر بوتوماك أن تضبط أجهزة الكرونومتر الخاصّة بها. لا بدّ أنّ تلك الإشارة كانت أكثر أهميّة عندما وُضِعَتْ في الخدمة عام 1845 منها في حقبتنا الرقميّة الحاليّة، حيث تسود الساعات الرقميّة وإشارات الراديو وأجهزة تحديد المواقع GPS.

مصنعُ الوقت

بعد عدّة لحظات، جلستُ مع ديمتريوس ماتساكيس، رئيسِ قسم خدمات التوقيت في المرصد. إنّه في منتهى الأناقة خصّيصاً للقائنا: جاكيت رماديّ، قميص أبيض، ربطة عنق مخطّطة... ولو كان فكّه أعرض قليلاً لبدا أشبه بالممثّل ريكاردو مونتالبان! يحمل ماتساكيس شهادة الدكتوراه في الفيزياء، وعمل كفلكيّ راديويّ[1] في المرصد قبل أن «يغريه فنُّ ضبط الوقت» على حدّ قوله (هذا يفسّر سبب وجود بوسترات آينشتاين وستونهنج على جدران مكتبه!)، وتسلّم منصبه الحاليّ قبل عشر سنوات.

عندما اقترحتُ عليه أنّه الرجل «المسؤول عن توقيت الأمّة»، صحّح لي ماتساكيس قائلاً إنّه المسؤول عن توقيت وزارة الدفاع، لكنّ التوقيتين

1- فرع من علم الفلك يعتمد على دراسة النجوم، الكواكب، المجرّات، الخ... بواسطة الأمواج الراديويّة التي تصدرها. المترجمة

متطابقان بالنسبة للعديد من المناحي، فالكثير من التطبيقات المدنيّة تعتمد على الساعات الموجودة هنا في المرصد بالنسبة للتوقيت. خذوا مثلاً تطبيق شبكة GPS: تعتمد الأقمار الصناعيّة التي تشكّل الشبكة على مجموعة من الإشارات المتزامنة بدقّة، يتمّ تبادلها بين الساعات الموجودة في تلك الأقمار، وبين الساعة الرئيسيّة هنا في المرصد. إن اختلّت دقّة الساعة بمقدار $\frac{1}{1.000.000.000}$ ثانية (أي 1 نانو ثانية) سيعطي نظام GPS موقعاً يبلغ مقدار الخطأ فيه 30 سنتيمتراً[1]. «إن أردتَ أن تعرف أين سيّارتك» قال ماتساكيس، «ثلاثون سنتيمتراً ليست مشكلة، لكن مع 10 نانو ثانية أو 20 نانو ثانية... كلّما ازداد الخطأ ازداد الانحراف الناجم عنه، وتلك مشكلة!». ماتساكيس لا يبالغ، إن أردتم أن تحطّ مركبة فضائيّة، أو طائرة بوينغ 767 محمّلة بالركّاب بأمان في مطار أوهير، فكلّ متر مهمّ، وكلّ نانو ثانية مهمّة.

قد تكون «الساعة الرئيسيّة» أهمّ آلة موجودة هنا، لكنّ ماتساكيس شرح لي أنّ المرصد يحوي ما مجموعه مئة ساعة (مئة تقريباً إن حسبنا المزولة الشمسيّة، كما يقول). معظمها هي ساعات سيزيوم cesium، تضبط الوقت من خلال عدّ اهتزازاتِ ذرّات السيزيوم التي يبلغ تواترها الطبيعيّ 9,192,631,770 اهتزاز / ثانية. النمط الآخر من الساعات هي ساعات ميزر هيدروجينيّة، تعمل من خلال ضخّ ذرّات الهيدروجين في حجيرة تُدعى «تجويف الرنين» resonance cavity، حيث تهتزّ الذرّات وفق تردّد خاصّ شديد الاستقرار. تكنولوجيا الساعة الهيدروجينيّة أحدث من تلك المستخدمة في ساعات السيزيوم، ودقّتها أعلى (إن أردتم شراء واحدة أنصحكم بالسيزيوم، لأنّها تكلّف 60 ألف دولار كما أخبرني ماتساكيس، أمّا ساعة ميزر الهيدروجينيّة فتباع لقاء 250 ألف دولار).

بأيّ حال، التحدّي الحقيقيّ هو إبقاء كلّ تلك الساعات متزامنة. كل ساعة لديها «رأيها الخاصّ بالزمن» حسب تعبير ماتساكيس، وقد يتجاوز الاختلاف في التوقيت بينها أكثر من نانو ثانية، كما يقول المثل القديم: «الرجل الذي

1- يسافر الضوء بسرعة 300 ألف كم / ثا تقريباً، وبالتالي يقطع في 1 نانو ثانية جزءاً من مليار من تلك المسافة، أي 30 سم أو ما يعادل قدماً واحدة تقريباً. فالك

يحمل ساعة واحدة يعرف ما هو الوقت، أمّا الذي يحمل ساعتين فلن يكون واثقاً أبداً». جزء من عمل ماتساكيس هو تطوير برنامج لوغاريتميّ للكمبيوتر، يسمح بأن تتوحّد نتيجة قراءة جميع تلك الساعات في إشارة واحدة، تُرسَل إلى الساعة الرئيسيّة. سؤالُ «ما هو اللوغاريتم الصحيح؟» هو موضوع مستقلّ بحدّ ذاته على حدّ قول ماتساكيس، تُخصّص له مؤتمرات مستقلّة من أجل التوصّل إلى المعادلات الصحيحة. عندما وصلتُ، كان ماتساكيس يقوم بتنظيم سمبوزيوم «لوغاريتم مقياس الزمن الدوليّ» العالميّ الخامس، الذي عُقِد في إسبانيا في بدايات 2008 (لا أعرف إن توقّف العلماء المهووسون بالزمن أثناء المؤتمر، كي يأخذوا قيلولة وفق التوقيت المحليّ كما هي عادة الإسبان!).

اصطحبني مضيفي في جولة على الساعات العديدة المبعثرة في أبنية المرصد المختلفة. كلّها موضوعة في حجرات عازلة تتحكّم بالجوّ المحيط بالآلة، تُضبَط درجة الحرارة في داخلها بدقّة تصل إلى 0.1 درجة سلسيوس. ساعات السيزيوم تبدو عاديّة: جهاز عريض على شكل صندوق لونه بيج، يشبه سوّاقة الكمبيوتر الصلبة Hard drive، أو مكبّر صوت جهاز ستيريو حديث. الساعات الهيدروجينيّة أطول قليلاً، وأقرب من حيث الشكل والحجم إلى البرّاد الصغير الذي ترونه في غرف الفنادق.

«هناك تراتبيّة معيّنة للساعات في المرصد»، شرح لي ماتساكيس، «لدينا ساعة رئيسيّة نشير إليها بـ Master Clock أو MC بحرفي M و C كبيرين، وساعات رئيسيّة أصغر نشير إليها بـ mc أي بحرفي m و c صغيرين. ساعات mc تتحكّم ذاتيّاً بأنظمة القياسات الخاصّة بها، وتنفّذ مهمّاتها بالتوازي ما بين بعضها وبعض، وهي موجودة هنا في حال تعطّلت الساعة MC الأساسيّة».

كان عليّ أن أسأله: هل تعطّلت الساعة الرئيسيّة يوماً؟

«أجل بالطبع» أجابني، «حدث ذلك مرّتين خلال السنوات العشر التي قضيتها رئيساً للقسم، ويبدو أنّها تحبّ أن تتعطّل عندما أكون على وشك مغادرة المدينة! المرّة الأولى كنتُ في طائرة على وشك أن تُقلع، وفي المرّة الثانية كنتُ أقود سيّارتي متّجهاً إلى حفل زفاف ابني». لكنّ العطل ليس

مسألة خطيرة كما أكّد لي، «إنّها آلة، والعطل وارد. نحن نتّبع إجراءات معيّنة في حال حصل ذلك، ويجتمع الفريق كلّه». حاولتُ أن أتخيّل ساعة MC حزينة عابسة تخرج من الخدمة، وساعة mc متحمّسة حيويّة تأخذ مكانها كي تلبّي حاجة الأمّة لضبط الوقت بدقّة.

من الردهة، ألقيتُ نظرة على الساعة الرئيسيّة MC عبر الزجاج. تبدو كمجموعة عاديّة جدّاً من الأجزاء الإلكترونيّة السوداء والزرقاء والرماديّة، وتحمل اسم NAV–18. فيها مجموعة من النوابض والأزرار العديدة، وستّة كابلات حلزونيّة تصلها مع أجهزة أخرى، وعدّة شاشات LED تُظهِر اثنتان منها لسبب من الأسباب الرقمَ صفر، أمّا الثالثة فتعرض ما يمكن قراءته بصعوبة على أنّه UTC أي «التوقيت العالميّ المُوَحَّد»، الذي حلّ محلّ توقيت غرينتش كمرجع للتوقيت العالميّ عام 1972.

مظهر الساعة الرئيسيّة MC المتواضع خادعٌ: هذه الآلة المميّزة «تتحدّث» مع بقيّة الساعات في المرصد، وتقوم باستمرار بـ «تصحيح» نفسها بنفسها كي تعكس حصيلة ضبط الوقت الجماعيّ مع الساعات الأخرى على أكمل وجه، وذلك وفق دقّة متناهية تصل إلى أجزاء من البيكو ثانية (أي 0.01 من تريليون جزء من الثانية) طيلة 24 ساعة يوميّاً. لو باشرتْ عملها عندما انقرضت الديناصورات قبل ستين مليون سنة، لما زاد الوقت الذي ربحتْه أو خسرتْه حتّى يومنا هذا عن ثانيتين!

نظرتُ إلى ساعة معصمي، إحدى الساعتين تتأخّر بمقدار خمسين ثانية. أعتقد أنّها ساعتي!

ضبطُ الوقتِ بالاعتماد على الشمس والرمل والماء

ساعاتُ ماتساكيس تمثّل ذروة جهد عمره آلاف السنوات من تقدير الوقتِ، تنامت دقّته بالتدريج. رأينا كيف تعلّم مراقبو السماواتِ القدماءُ أن يقدّروا الشهورَ بتتبّع أطوار القمر، وكيف كان تسجيل شروق الشمس وغروبها غريزة بدائيّة مماثلة، لكنّ تقسيم اليوم بحدّ ذاته إلى أجزاء أصغر أمرٌ أصعب، ولا بدّ أنّه تطوّر لاحقاً في تاريخنا.

كلّ يوم، تبزغ الشمس من الشرق، وترتفع عالياً في الجزء الجنوبيّ من القبّة السماويّة، ثمّ تغيبُ في الغرب[1]. لا بدّ أنّ شخصاً ما في الزمان الغابر لاحظ أنّه إذا غرز عصا بشكل عموديّ في الأرض سيتشكّل لها ظلّ، وأنّ حركة ظلّها تعكس حركة الشمس عبر السماء، وهكذا ولِدتْ فكرةُ المزولة الشمسيّة Sundial. تلك العصا البسيطة تطوّرت إلى «مؤشّر[2]» المزولة الذي سمّاه الإغريق gnomon، وهي كلمة مشتقّة من مفردة إغريقيّة تعني «يُظهِر» أو «يشير». المزولة الأولى صُنِعتْ غالباً في منتصف الألف الرابعة قبل الميلاد، في مصر أو في الشرق الأدنى.

في مصر، بنى القدماء مزاول شمسيّة بأحجام كبيرة وصغيرة، تتراوح ما بين المسلّات الحجريّة العملاقة إلى أنواع صغيرة تُحمَل باليد. يعود تاريخ «ساعة الظلّ» المحمولة هذه كما كانت تسمّى إلى حوالي 1500 ق.م، وفكرتها مبتكرة لكنّها بسيطة: عندما يتمّ توجيه الذراع الأفقيّ للجهاز الذي يشبه حرف T صوب الشمس، سيسقط ظلّه على الذراع العموديّ المُدرَّج، ممّا يسمح لحامله بأن يقدّر الساعة.

قسّم المصريّون اليوم إلى أربع وعشرين ساعة – وهي فكرة قد ترجع أصولها إلى البابليّين[3]– واستخدموا المزولة الشمسيّة كي يتتبّعوا ساعات النهار الاثنتي عشرة، كما خصّصوا 12 ساعة أخرى لليل. لا بدّ أنّ الرقم 12 كان مميّزاً بالنسبة لهم، لأنّه يساوي عدد الدورات القمريّة تقريباً خلال العام. اليوم المكوّن من أربع وعشرين ساعة تقليدٌ احتفظنا به، لكن مع إدخال

1- بالنسبة لسكّان نصف الكرة الشماليّ على الأقلّ، أمّا بالنسبة لأولئك في النصف الجنوبيّ، فتبزغ الشمس من الشرق بالطبع لكنّها تسير في قوس ضمن الجزء الشماليّ من القبّة السماويّة. فالك

2- تتألف المزولة الإغريقية من قرص مسطّح مقسّم ينتصب «المؤشّر» شبه العموديّ في مركزه، ويميل عليه بزاوية معيّنة. المترجمة

3- اعتمد البابليّون على نظام عدديّ ستينيّ، يشبه نظامنا العشريّ لكنّه يرتكز على العدد 60 لا على 10. الرقم 60 هو رقم ملائم لأنّه يقبل القسمة بسهولة على الكثير من الأعداد الأخرى (2، 3، 4، 6، 10، 12، 20، 30)، والتقسيم الحاليّ لليوم إلى 24 ساعة (24 = 2 × 12)، والساعة إلى 60 دقيقة، والدقيقة إلى 60 ثانية، وكذلك تقسيم الدائرة إلى 360 درجة (6 × 60 = 360) تعكس كلّها تأثّرنا بنظامهم الستينيّ. فالك

تعديل هامّ: طول الساعة المصريّة اختلف حسب الفصول، فالساعة صيفاً كانت أطول من مثيلاتها في الشتاء، لأنّ النهار بحدّ ذاته أطول صيفاً، أمّا الآن فنحن نستعمل ساعاتٍ طولها ثابت، بالتالي عدد الساعات في نهارنا صيفاً أكثر من عددها شتاءً.

تطوّرت المزولة الشمسيّة في زمن الإمبراطوريّة الرومانيّة وتوسّعت رقعة انتشارها. قام مهندسٌ يدعى ڤيتروڤيوس في القرن الأوّل قبل الميلاد بتصنيف 13 نوعاً منها، نُصِبَتْ في الساحات العامّة وباحات المنازل الخاصّة، وأصبحت جزءاً لا يتجزّأ من المجتمع الرومانيّ، ممّا سمح للناس بتخطيط يومهم: صار بإمكانهم تقسيمه إلى ساعات، وتقسيم تلك الساعات إلى أرباع وأنصاف... لكن لم يكن الجميع مسرورين! «حيّرتِ الآلهة ذلكَ الرجل الذي كان أوّل من عرف كيف يميّز الساعات» تحسّر المسرحيّ الرومانيّ بلوتوس في القرن 2 ق.م، «وحيّرتْ كذلك من نصب المزولة في هذا المكان، من أجل تقطيع الأيّام بحقارة إلى أجزاء صغيرة!».

اختُرِعَتْ كذلك أجهزة أخرى تقيس الوقت دون الاعتماد على الشمس: ساعات رمليّة تشبه الساعات الرمليّة الزجاجيّة في زمننا الحاليّ، تعمل لفترة محدّدة يتوجب على المرء بعد ذلك أن يقلبها كي تبدأ العمليّة من جديد، كما استخدم الناس أيضاً شموعاً بطيئة الاحتراق حُفِرَتْ عليها ثلمات بفواصل منتظمة لتقدير الوقت. الساعة المائيّة أو الكليبسيدرا Clepsydra هي من ضمن الآلات القديمة التي استُعمِلت لقياس الوقت، قد تكون جهازاً بسيطاً للغاية مؤلّفاً من دلو ثُقِبَ قاعه بثقب صغير يقطر منه الماء بمعدّل منتظم، وهناك علامات مرسومة على حوافّه تدلّ على الفواصل الزمنيّة. كبديل، يمكن أن يسيل الماء إلى وعاء ثانٍ مُدرَّج بتدريجات تدلّ على الساعة. في قاعات المحاكم الرومانيّة، استُخْدِمت الساعة المائيّة لتنظيم الفترة التي يُسمَح فيها لكلّ محام بالكلام، وإن أراد الناس سماع المزيد كانوا يصرخون «Aquam dare!» أي «أضِفْ ماءً!». التعبير الذي يستعمله الرومان كناية عن إضاعة الوقت كان « aquam perdere» أي حرفيّاً: «أن تضيّع الماء».

استُخدِمت الساعات المائيّة في أرجاء العالم القديم، لكنّ أبرزها

جاءت من الشرق الأقصى، حيث طوّر الصينيّون ساعات ميكانيكيّة مائيّة قبل قرون من ظهور أوّل ساعة ميكانيكيّة في أوروبا. أشهر تلك الساعات الصينيّة وأكثرها تعقيداً هي «الساعة السماويّة» التي بدأ موظّف مدنيّ يدعى سو سونغ ببنائها في عام 1077م. استعملت تلك الآلة المدهشة ماء جارياً، يدير بسرعة ثابتة مضبوطة بدقّة عجلةً ضخمة، تحمل 36 دلواً تمتلئ وتفرغ بتعاقب ثابت. عندما اكتمل بناؤها في عام 1090م، وضِعَتْ في معبد من خمسة طوابق لأنّ ارتفاعها بلغ عشرة أمتار، واستخدمتْ عشرات الأجراس والعجلات وأجراس غونغ gong[1]. للأسف، طوى النسيان ساعةَ سو سونغ بعد أن وصل إمبراطور جديد إلى السلطة عام 1094م، وأمر بتفكيكها مع العديد من القطع الأخرى التي تمثّل النظام القديم. وهكذا، عندما دخلت الساعات الأوروبيّة إلى الصين بعد قرون عديدة، رحّب بها الصينيّون باعتبارها اختراعات «جديدة»!

كلّ تلك الآلات كانت تعاني من قصور واضح: المزولة الشمسيّة عديمة الفائدة ليلاً أو في الأيّام الغائمة، الساعة الرمليّة والساعة المائيّة تتطلّبان متابعة مستمرّة، فضلاً عن أنّ الماء قد يتجمّد في الطقس البارد.

زمنُ الكنيسة

خلال العصور الوسطى في أوروبا، كانت الكنيسة هي الأشدّ حاجة إلى قياس الزمن على نحو موثوق، فقد بُنِيَتِ الأديرة والكاتدرائيّات الضخمة في أرجاء القارّة، واتّبع الرهبان الذين يعيشون بين جدرانها نظاماً صارماً في فعّاليّاتهم اليوميّة، وأهمّ ما فيها الصلوات اليوميّة المقسّمة حسب الأوقات. تبدأ طقوس العبادة بالصلاة الصباحيّة matins في ساعات الفجر الباكرة، وتنتهي بالصلاة المسائيّة vespers في أواخر المساء (الكلمة الإنجليزيّة التي تعبّر عن منتصف النهار noon مشتقّة من المفردة اللّاتينيّة التي تدلّ على صلاة منتصف النهار none). ليلاً، يتوجّب على أحد الرهبان البقاء مستيقظاً

1- جرس صينيّ تقليديّ مؤلّف من قرص معدنيّ معلّق إلى إطار، يتمّ قرعه بمطرقة خاصّة. المترجمة

كي يراقب ساعة رمليّة أو مائيّة، من ثمّ يقوم بقرع جرس في ساعة محدّدة لإيقاظ الباقين من أجل الصلاة الصباحيّة (وهو طقس تعبّر عنه أغنية الأطفال «الأخ جاك» Frère Jacques). لكم أن تتخيّلوا الورطة التي سيقع بها ذلك الراهب المسكين إن غفا أثناء أداء مهمّته!

ظهر الحلّ في القرن الثالث عشر! لن نعرف مصدره أو من هو صاحب الفضل باختراعه، ربّما كان حِرَفياً أو حدّاداً من شمال أوروبا، سمع قصصاً عن تلك الساعات المائيّة الرائعة التي صنعها الصينيّون، وربّما توصّل إلى اكتشافه بنفسه دون مساعدة. بطريقة أو بأخرى، توصّل ذلك المخترع إلى فتح علميّ قاده إلى صناعة نوعٍ جديد من الآلات التي تقيس الزمن: سُمِّي هذا الاختراع العظيم بـ «المُنَظِّم»، وهو عبارة عن جهاز يقوم بتنظيم حركة ستكون مستمرّة لولاه، هي دوران عجَلة بتأثر ثِقَلٍ يتدلّى للأسفل. يتشابك المنظِّم مع العجَلة الدوّارة بفواصل منتظمة ثمّ ينفكّ عنها، ممّا يبطئ العجلةَ لكنّه في الوقت نفسه –وهو الأهمّ– يجعلها تدور بسرعة منتظمة. يمكن أن ترتبط العجلة بدورها مع آليّة ميكانيكيّة، بهدف قرع جرس مثلاً في ساعة معيّنة. «تيك – توك الصادر عن منظّم الساعة»، كما يقول المؤرّخ دانيل بورستين، «سيصبح صوتَ الزمن».

يختلف «طول» الساعة بقراءة المزولة حسب الفصول، أمّا الساعة التي تقيسها الساعة الميكانيكيّة فتبقى ثابتة، أي أنّ ساعة واحدة في الصيف تساوي مثيلتها في الشتاء. اختراع «الساعات المتساوية» بتعبير بورستين، كان واحداً من أعظم الثورات في التجربة الإنسانيّة، لأنّه «إعلان عن استقلال الإنسان عن الشمس، وبرهان جديد على سيادته على نفسه ومحيطه. لن يكتشف إلّا متأخراً أنّه حقّق سيادته تلك، بوضع نفسه تحت سيطرة آلة ذات احتياجات مستبدّة تتعلّق بها وحدها فحسب»، وبذلك افترق تسجيل الزمن عن حركة السماء، أو لنقل: نوعاً ما.

في تلك المرحلة، بقيت المزولة الشمسيّة المؤقِّتَ الزمنيّ الأكثر مصداقيّة، لأنّ الساعة الميكانيكيّة كانت بحاجة للضبط من وقت إلى آخر –ربّما يومياً– لأنّها «تنحرف» عن الساعة الحقيقيّة التي تعرضها الساعة الشمسيّة. تلك الساعات الأولى التي «تتكتك» بفضل حركة المنظِّم المنتظمة، لم يكن لها

عقارب في البداية، بل مجرّد جرس يرنّ معلناً عن الوقت. كلمة ساعة Clock الحاليّة مأخوذة من كلمة «جرس» الفرنسيّة Cloche (بالألمانيّة Glocke، وبالإنجليزيّة الوسطى Clok)، رغم أنّها قد تنطبق كذلك ببساطة على كلٍّ من الساعة الرمليّة والساعة المائيّة. بشكل مماثل، كلمة Horologium اللّاتينيّة تنطبق على أيّ نوع من أنواع الآلات التي تسجّل الوقت.

رغم أنّنا لن نعرف من هو مخترع الساعة الميكانيكيّة ولا متى اخترعها بالتحديد، لكنّنا متأكّدون أنّها كانت موجودة في العقود الأخيرة من القرن الثالث عشر. تكشف الوثائق عن أنّ ساعة أتوماتيكيّة بالكامل تعمل بالأثقال التي تتدلى لأسفل نُصِبَتْ في دير دَنستبل في بيدفورشاير، إنجلترا عام 1283م، وخلال عقود قليلة، دخلت الساعات إلى معظم الكاتدرائيّات والأديرة، على الأقلّ تلك القادرة على شرائها.

صوت سالزبوري الحديديّ

وصفُ مدينة سالزبوري الإنجليزيّة الصغيرة بأنّها ساحرة، يكافئ أن نَصف الأهرامات بأنّها قديمة، أو سور الصين العظيم بأنّه طويل! شوارع سالزبوري التي تعود للقرون الوسطى، تمرّ بين منازل مبنيّة من الآجرّ والخشب ما زالت بحالة رائعة، وساحة السوق تضجّ بالحياة صباح الثلاثاء والسبت كما هي الحال منذ سبعمئة عام. السيّاح العطاش الذين يريدون بيرة، يستطيعون دخول أيّ حانة من الحانات الكثيرة ذات السقوف الوطيئة العتيقة، والتي تحمل أسماء إنجليزيّة نموذجيّة (منزل البيرة العتيق The Old Ale House، رأسُ الملك The King's Head) أو أسماء إنجليزيّة أصيلة (العربة والأحصنة The Coach & Horses، الباروكة والريشة The Wig & Quill) أو أسماء خاصّة بالإنجليز (كُفل الأيل The Haunch of Venison)... لكنّ المعْلَم السياحيّ الأهمّ في سالزبوري هو الكاتدرائيّة المهيبة التي تعود للقرن الثالث عشر، والمروج الخضراء الهادئة المتاخمة لها. في كتابه «رسائل من جزيرة صغيرة»، يصرّح بِل بيرسون بالتالي:

«لا شكّ لديّ إطلاقاً أنّ كاتدرائيّة سالزبوري هي الأجمل بناءً في إنجلترا كلّها، والمروج المحيطة بها هي الأروع!». لا عجب أنّ جون كونستابل[1] وضع حامل اللوحات أمام النهر، كي يخلّد عظَمَة الكاتدرائيّة ومروجها المغمورة بالسَكينة.

كنيسة سالزبوري تزهو بأمور عديدة: برجها الذي يصل ارتفاعه إلى 129 متراً هو الأعلى في بريطانيا، الأراضي والمروج المتاخمة التابعة لها هي الأوسع مساحة، في القاعة المخصّصة لاجتماع ذوي المراتب العليا من أعضائها تُعرَضُ واحدةٌ من النسخ الأصليّة الأربع الباقية للماغنا كارتا[2]، كما تضمّ بين جدرانها ما يرجّح أنّها أقدم ساعة ما تزال تعمل في العالم. بُنيَت تلك الساعة في أواخر حقبة 1300م، وكانت موجودة في البداية ضمن برج الجرس، ثمّ نُقِلَتْ إلى مخزن عندما هُدِم البرج في القرن الثامن عشر، ونُسيت هناك. عُثِر عليها مجدّداً في بدايات القرن العشرين، فوُضِعَت بعد لمسة من الترميم في الجناح الشماليّ للطابق الأرضي، بالقرب من المدخل الكبير الغربيّ، حيث ما تزال موجودة إلى اليوم.

في زيارة لي إلى سالزبوري، التقيتُ جون بليستر، رجلٌ لقبه إنجليزيّ أصيل مثل المدينة، وهو القائم على الساعة في الكاتدرائيّة. شرح لي أهميّة قطعها العديدة، ونحن نستمع إلى تكّاتها التي تبعث على النعاس. الأجزاء المرئيّة من الساعة هي مسنّنات عموديّة معشّقةٌ وأسنانها معدنيّة، هذه المسنّنات كما شرح لي بليستر تدور بقوّة الجاذبيّة: هناك ثِقَلان حجريّان يتدليّان من بكرات خلف الساعة، يهبطان للأسفل فيسحبان حبالاً ملفوفةً على زوج من الأسطوانات الخشبيّة الأفقيّة، ممّا يؤدّي إلى دوران اثنين من المسنّنات المعشّقة (أحدهما يتحكّم بما يسمّونه «قطار الوقت»، والثاني بالآليّة المسؤولة عن دقّات الساعة). عندما يلامس الثقلان الأرضَ، لا بدّ

1- John Constable 1776-1837، من أهم رسّامي الحركة الرومانسيّة في إنجلترا، اشتهر برسم المناظر الطبيعية في الريف البريطاني. المترجمة

2- Magna Carta Libertatum وثيقة تعتبر أول دستور مكتوب في التاريخ الحديث، أقرّها الملك جون لاكلاند عام 1215م، وتمّ بموجبها تنظيم العلاقة بين القوى الرئيسية الثلاث في إنجلترا آنذاك (الملك، البارونات، الكنيسة). المترجمة

من «تعبئة» الساعة، أي أن يُرفَع الثِقلان للأعلى مجدّداً، باستخدام زوج من العجلات الحديديّة التي تشبه عجلة قيادة السيّارة.

أهمّ جزء في الساعة –ومعظم الزوّار لا ينتبهون إليه غالباً– هو المنظِّم بحدّ ذاته، ويتألّف من قطعتين رئيسيّتين: قطعة عموديّة تدعى المحور verge، تتصلّ بقضيب حديديّ أفقيّ يتأرجح للأمام والخلف هو العارضة foliot، التي يتدلّى من طرفيها ثقلان صغيران يحدّدان معدّل تكّات الساعة.

«بلا شكّ، ساعة تعمل منذ ما ينوف على ستمئة عام يلزمها تبديل بعض القطع أحياناً» قال بليستر بلهجة غربي البلاد المفخّمة، «لكنّ معظم أجزاء الساعة أصليّة».

صعقني كم أنّ التشابه ضئيلٌ بين هذه الآلة، وبين ما نفكّر به على أنّه ساعة! مثل جميع الآلات الأولى، ليس لساعة سالزبوري «وجه» ولا عقارب، فقط جرس يعلن عن الوقت ساعة بساعة، لكنّه غير موجود حاليّاً. كلّ الآلة موضوعة ضمن إطار حديديّ يشبه المكعّب، طول ضلعه مترٌ واحد تقريباً، ويمكن النظر عبره مباشرة. ككلّ مثيلاتها الميكانيكيّة في تلك الحقبة، هذه الساعة ليست دقيقة تماماً، إذ إنّها تخسر أو تربح حوالي 15 دقيقة يوميّاً بسهولة. المزولة الشمسيّة الرومانيّة الجيّدة كانت تقوم بوظيفتها على نحو أدقّ، في الأيّام المشمسة على الأقلّ.

«عندما صُنِعَت هذه الآلة، كانت الساعة مقسّمة إلى أربعة أرباع متساوية لا غير» قال بليستر، «لم تكن الدقائق قد اخْتُرِعتْ بعد. اليوم، مع ساعاتنا الحديثة، الثواني المعدودة تسبّب لنا توتّراً، أمّا أولئك الناس فكان يقلقون بشأن ربع ساعة، أو ساعة». شرح لي أنّ منشأ الساعة غير معروف بدقّة، لكنّ سجلّات الكاتدرائيّة تكشف أنّهم وظّفوا رجلاً منذ العام 1386م كي يقوم بتعبئتها. «لن أخشى التصريح بأنّها الساعة الأقدم التي ما تزال تعمل في إنجلترا» قال، «لن أقسم أنّها حقيقة لا يمكن دحضها، قد تظهر ساعة أقدم منها في مكان ما من العالم، لكنّني أعتقد أنّها سبّاقة».

على بعد ستّين كيلومتراً إلى غرب سالزبوري، في منتصف المسافة تقريباً بين شِبتون مالِتْ وبين شِدَر، تقع كاتدرائيّة مدينة ويلز Wells التي

تضمّ أيضاً ساعة ميكانيكيّة تعود للقرون الوسطى. ربّما صمّمها الرجل نفسه الذي صمّم ساعة سالزبوري، لكنّهما آلتان مختلفتان تماماً. ساعة ويلز لها وجه فخم مزخرف برسوم منمّقة للأرض والقمر والشمس والنجوم، يمثّل نموذجاً ملوّناً من القرن الرابع عشر عن الكون المعروف آنذاك (أحد النماذج القليلة الباقية عن مركزيّة الأرض ضمن الكون، وهي وجهة النظر السائدة قبل كوبرنيكوس)، فضلاً عن عقرب للساعات يتحرّك فوق قرص مقسّم إلى أربع وعشرين ساعة. يُعتقد أن عقرب الدقائق أضيف لاحقاً في القرن السادس عشر.

بالإضافة إلى الوقت، تبيّن ساعةُ ويلز تاريخَ اليوم وفقاً للشهر القمريّ، وطورِ القمر، كما تُقدِّم عرضاً: تبدأ فوقها مبارزة مصغّرة من القرون الوسطى كلّ ربع ساعة، حيث يظهر أربعة فرسان صغار يركبون الخيول التي تعدو في دائرة –فارسان يدوران من اليمين إلى اليسار، واثنان بالاتّجاه المعاكس– ويقوم واحد منهم دائماً بإسقاط خصمه عن صهوة حصانه، فيستلقي على ظهره لكنّه يقفز مجدّداً بعد بضع ثوان مستعدّاً لجولة أخرى. خلال القرون المنصرمة، هُزِم هذا الفارس ما مجموعه 53 مليون مرّة! «يُفتَرَض أنّه تعلّم كيف يراوغ بعد كلّ هذا الوقت كما نقول دائماً!» يعلّق فرانسيس نيل، القائم على أرشيف الكاتدرائيّة، «لكنّه لم يفعل!».

كلّ من ساعة سالزبوري وساعة ويلز مثّلت اختراعاً ثوريّاً في عصرها، لكنّ التطوّرات تلاحقت، إذ اختُرِعت الساعات التي يدقّ جرسها حقّاً كلَّ ساعة –من 1 حتّى 12– في منتصف القرن الرابع عشر، وبالتالي للمرّة الأولى في التاريخ، صار بإمكان أيّ شخص متواجد في المدى الذي يصله صوت الجرس أن يعرف كم الوقت. كما بدأ الحرفيّون بإضافة تدريجات تدلّ على الوقت إلى آلاتهم، ثمّ أضافوا عقرب الساعات، وهو أقصى ما سمحت به دقّة تلك الآلات آنذاك.

أصبحت الساعات بالتالي أكثر تطوّراً وتعقيداً وكفاءة، كما كان بعضها قطعاً فنيّة مدهشة استقطبت اهتمام مدن بأكملها، مثل الساعات الفلكيّة العظيمة التي بُنِيَتْ في ستراسبورغ، براغ، كوبنهاغن، وغيرها من المدن الأوروبيّة. بعد فترة لم تَطُلْ كثيراً، تعالَت دقّاتُ الساعة من قاعات المحاكم

ومجالس المدن، وبعدها من البنوك والشركات، كما اقتنى المواطنون الأغنياء ساعات في بيوتهم، وسرعان ما ظهرت ساعات مصغّرة تعمل بنوابض مضغوطة بإحكام عوضاً عن الأثقال التي تنزل للأسفل، ممّا مهّد الطريق لاختراع نماذج محمولة: ظهرت أوّل ساعة جيب في بدايات حقبة 1500م، وقبل انقضاء قرن واحد، كانت الملكة إليزابيث الأولى تضع في إصبعها ساعة لها منبّه صغير: نتوء يمتدّ ويحكّ إصبع الملكة في توقيت معيّن.
وهكذا، أصبح توقيت الساعة موجوداً في كلّ مكان.

قيمة الوقت

كُتِب الكثير عن دور الساعة في الترحيب بنمط جديد سريع من الحياة. بلا شكّ، ازدياد عدد الساعات في الأماكن العامّة جعل الزمن مرئيّاً أكثر. على الأقلّ، بدأ الناس يفكّرون بالوقت على أنّه شيء يمرّ باستمرار، شيء ما يمضي بلا انقطاع عندما تتبع ساعةٌ سابقتها، ولا بدّ أن إيقاع الحياة تسارعَ في العصور الوسطى حتّى قبل ظهور الساعة الميكانيكيّة. ربّما كانت التكنولوجيا الجديدة تلك ببساطة أحدثَ وسيلة لتلبية حاجة متأصّلة ملحّة، أي أنّ تطوير الساعة الميكانيكيّة هو «نتيجة –أكثر من كونه سبباً– للإحساس بالاستعجال الذي ظهر في العصور الوسطى وعصر النهضة» كما تجادل المؤرّخة سارة شيشنر، «كانت الساعات بمنزلة أدوات تساعد على إدارة الحياة المدنيّة، واستُعمِلت أجراسها لمزامنة برامج العمل، لكنّ هذه الأدوار انطبقت كذلك على المزولة الشمسيّة والساعة الرمليّة والتقاويم». في الواقع، تحويل الوقت إلى «كميّة» كان جزءاً من نزعة أكبر تعزو أرقاماً إلى بُنى لم تكن معدودة من قبل (أو شبه معدودة)، وهو ما يطلق عليه المؤرّخ ألفرد كروسبي «الثورة الكميّة quantitative». يشير الأنثروبولوجيّ أنتوني آفيني إلى أنّ الرسم المنظور، تنظيم الحسابات الماليّة وفق قيد مزدوج[1]،

1- نظام محاسبة ابتكره عالم الرياضيّات الإيطاليّ لوكا باتشولي عام 1494م، وفيه تُسجّل المعاملات الماليّة للشركات أو المهن على شكلِ حسابات تُقيّد فيها كلّ معاملة ماليّة وفق جدولين: دائن ومدين. المترجمة

الموسيقى ذات النغمات المتعدّدة[1]، المعايير الماليّة الموَحّدة، والأوزان والقياسات الدقيقة الجديدة ظهرت كلّها في وقت واحد تقريباً. «وخلال فترة قصيرة نسبيّاً لا تتعدّى بضع سنوات» يكتب آفيني، «أصبح كلّ شيء تقريباً في العالم الغربيّ بحلول عام 1300م، بُنيةً يمكن تحويلها إلى كميّة وعزو أرقام إليها. إنّه تغييرٌ جوهريٌّ في مفهوم الواقعيّة بالذّات».

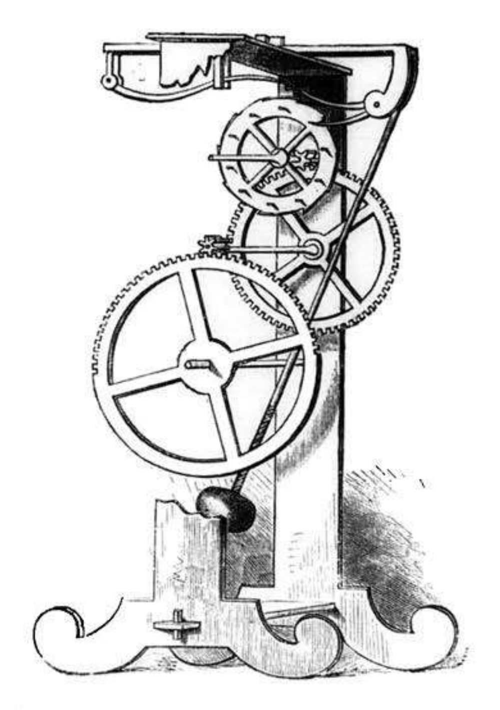
الوقت –وهو الآن كمّيّة قابلة للقياس– تحوّل بالتدريج إلى سلعة ذات قيمة. رغم أنّ عبارة «الوقتُ مالٌ» لن تشتهر إلّا بفضل بنجامين فرانكلين، لكن سبق للناس أن بدأوا يتعاملون مع الوقت على هذا الأساس[2]. تضييع الوقت لم يعد مجرّد حماقة، بل إثماً أيضاً، كما عبّر عن ذلك قسّ بيوريتانيّ هو ريتشارد باكستر:

«أن نخلّص الوقت من الخطيئة يعني ألّا نضيّعه عبثاً، بل أن نستغلّ كلّ دقيقة منه كأنّه أثمن شيء... فكّروا كذلك بأنّه لا يمكننا استعادة الوقت بعد أن يمرّ، استثمروه الآن أو اخسروه إلى الأبد. كلّ الرجال على وجه الأرض، بكلّ قوّتهم، وكلّ حكمتهم، لن يقدروا على استعادة دقيقة واحدة بعد أن تنقضي».

حقبة 1600م جلبت معها آلة جديدة لتسجيل الوقت: ساعة يتمّ تنظيم حركتها بواسطة البندول المتذبذب، لا بالمنظّم المكوّن من محور verge وعارضة foliot. قد يكون الفلكيّ والرياضيّ الإيطاليّ غاليليو غاليلي 1564–1642م أوّل من فكّر بهذا الاختراع، بعد أن لاحظ تأرجُحَ النوّاسِ المُنتظَم –ربّما ألهمه مصباح معلّق بسقف كاتدرائيّة بيزا ينوس بلطف– إذ إنه رسم مخطّطات لساعة بندول في أواخر حياته، لكنّ أوّل ساعة من هذا النمط ظهرت في هولندا في حقبة 1650 بالاعتماد على تصميم وضعه الفلكيّ الهولنديّ كريستيان هاغنز 1629–1695م.

1- Polyphony تركيب موسيقيّ يتألّف من جملتين لحنيّتين أو أكثر، يتم أداؤها بشكل مستقل لكن متزامن. المترجمة

2- ظهرت العبارة في كتاب بنجامين فرانكلين «نصائح إلى تاجر شابّ» عام 1748م، بأيّ حال، مفهومها أقدم بكثير، ففي اليونان القديمة أعلن خطيبٌ اسمه أنتيفون أنّ «أغلى سلعة هي: الوقت». فالك



بيّن غاليليو كيفيّة استخدام نوّاس من أجل قياس الوقت بدقّة.
رُسم هذا المخطّط على الأغلب بيد ابنه ڤينسنزيو حوالي 1641م

عندما شارف القرن السابع عشر على نهايته، تحسّنت دِقّة الساعة الميكانيكيّة جذريّاً، وتناقص مقدار خطئها اليوميّ المقبولُ من 15 دقيقة إلى 15 ثانية لا غير. كما زُوِّدَت معظم الساعات بعقرب للدقائق، وسرعان ما أُضيف إليها عقرب للثواني... وأخيراً، أصبحت الساعات أكثر جدوى من المزولة الشمسيّة!

ليس صدفة أنّ مصطلح «دِقّة المواعيد»، دخل حيّز الاستعمال العامّ بحلول حقبة 1660.

مشكلةٌ في البحر: معضلةُ خطوطِ الطول

حساب الزمن بدقّة هو مشكلةٌ أرّقَتْ قباطنة السفن، فالإبحار الناجح

يعتمد على القياس الدقيق لكلّ من خطّ الطول وخطّ العرض بهدف حساب إحداثيّات أيّ موقع.

يمكن استنتاج خطّ العرض –أي مقدار البعد عن خطّ الاستواء شمالاً أو جنوباً– بواسطة آلة السُدس عن طريق حساب ارتفاع نجم القطب الشماليّ Polaris مثلاً فوق الأفق، لكن لم تتوفّر آنذاك طريقة سهلة لتحديد خطّ الطول، أي مقدار المسافة التي تقطعها السفينة شرقاً أو غرباً. بعض البلدان، مثل بريطانيا، تعتمد على السفن والتجارة، وأيّ غلطة في البحر تكلّف خسارة السفن والحمولة ومئات الأرواح، لذلك جذبت معضلة تحديد خطّ الطول بعضاً من ألمع العقول في أوروبا، حيث عصر الجغرافيّون والفلكيّون والحرفيّون أدمغتهم لإيجاد حلّ، كما كانت السبب الرئيسيّ في إنشاء المرصدِ الفلكيّ الملكيّ في غرينتش عام 1675، وفيه عيّن الملكُ تشارلز الثاني الفلكيَّ جون فلامستيد بمنصب أوّل «فلكيّ ملكيّ»، وعهد إليه بأن «يوكل نفسه بأقصى العناية والحرص بمهمّة تصحيح جداول الحركات السماويّة ومواضع النجوم الثابتة، بحيث يستنتج خطوط الطول المنشودة من أجل إتقان فنّ الإبحار».

من حيث المبدأ، يمكنكم حساب خطّ الطول إن عرفتم الفرق الزمنيّ بين موقعكم الحاليّ والميناء الذي انطلقتم منه. افترضوا مثلاً أنّكم انطلقتم من لندن عبر القنال الإنجليزيّ إلى المحيط الأطلسيّ، بعد عدّة أيّام ستدركون أنّكم على بعد مئات الكيلومترات غربي بريطانيا، لكن ما هي المسافة التي قطعتموها بالضبط؟ إن عرفتم التوقيت في ميناء الانطلاق، يمكنكم استنتاج خطّ الطول الذي يوافق موقعكم الحاليّ ببعض الحسابات. لنقل إنّ الساعة الآن هي 1:00 بعد الظهر في لندن، ومن خلال متابعة حركة الشمس عبر السماء استنتجتم أنّ الساعة الآن على متن السفينة هي 12:00 ظهراً. خلال أربع وعشرين ساعة، تدور الأرض عبر 360 درجة من خطوط الطول، ممّا يعني أنّها تقطع 15 درجة في الساعة الواحدة. بكلمات أخرى، كلّ فرق زمنيّ مقداره ساعة واحدة يتوافق مع قطع 15 درجة على خطوط الطول، إذن، في مثالنا السابق، لا بدّ أنّ موقعكم الحاليّ هو 15 درجة غربي لندن.

المشكلة آنذاك كانت تكمن في معرفة توقيت ميناء الانطلاق، ستفيدنا

ساعة جيّدة ذات بندول تُضبَطُ قبل الانطلاق، لكنّها ستكون عديمة الفائدة على متن سفينة تتأرجح في البحر، كما أنّ الساعات المحمولة في ذلك العصر على اختلاف أنواعها لم تكن دقيقة قط. القباطنة بحاجة إلى جهاز دقيق ومحمول في آن واحد لقياس الوقت، يمكنه أن يتكيّف مع درجات الحرارة المتغيّرة، وأن يستمرّ بالعمل خلال الرحلات البحريّة الشاقّة.

أعطت الحكومة البريطانيّة البحثَ عن طريقة لتحديد خطوط الطول في البحر أولويّة مطلقة، وأعلن البرلمان عام 1714 من خلال «هيئة خطوط الطول» التي استحدثها عن جائزة مقدارها عشرون ألف جنيه -أي ما يعادل 10 ملايين دولار أمريكيّ اليوم- لأيّ شخص يحلّ المعضلة. الشخص الذي تصدّى للتحدّي جدّيّاً كان إنجليزيّاً ولِدَ في يوركشاير ولم يتلقّ تعليماً رسميّاً هو جون هاريسون[1] 1693-1776م، الذي كرّس حياته لمشكلة الدقّة في قياس الوقت. الآلات الأربع العظيمة التي اخترعها -مقاييس للزمن عمل عليها طيلة عقود- تشكّل الآن القطع الرئيسيّة المعروضة في القاعة التي تحمل اسمه في متحف مرصد غرينتش على مشارف لندن. بالكاد يمكننا إطلاق صفة «محمولة» على أوّل ثلاث آلات اخترعها، ويُشار إليها بـ H1، H2، H3، فكلّ منها بحجم محرّك سيّارة تقريباً وتزن 35 كيلوغراماً. H1 مهيبة بتعقيدها، لها من الأمام صفيحة نحاسيّة بيضويّة الشكل عليها أربعة أقراص كبيرة تعرض الوقت، وخلفها توجد آليّات الساعة الداخليّة: عشرات المسنّنات والعجلات النحاسيّة، وما يبدو كأنّه مئات القضبان النحاسيّة اللّماعة بأطوال مختلفة تبرز من الآلة بزوايا متعدّدة. H1 ما زالت تعمل حتّى يومنا هذا، أجزاؤها الكثيرة تدور، أو تنزلق للأمام وللخلف، عندما يهمهم محرّكها الذي يعتمد على النوابض. في البحر، يمكنها أن تقيس الوقت بدقّة لا يتجاوز مقدار الخطأ فيها أكثر من 10 ثوان يوميّاً، مع ذلك، اعتقد هاريسون أنّ بإمكانه صناعة آلة أفضل.

H2 تماثل H1 من حيث الحجم والتعقيد، لكنّ هاريسون كان متأكّداً أنّها تشكو من عيب ما لذلك لم يختبرها أصلاً، وعقد آماله على H3، التي

1- قصّة هاريسون مشروحة بالتفصيل في كتاب ديفا سوبل الشهير «خطوط الطول». فالك

آمن بأنّها درّة اختراعاته. في الواقع، كانت الآلة الثالثة اختراعاً مذهلاً فيها 753 جزءاً مستقلّاً، أحدها - الذي يدعى «شريحة معدنيّة ثنائيّة»- هو فتحٌ علميّ مفصليّ: من خلال استعمال شريحة رقيقة من النحاس موصولة إلى شريحة توازيها من الفولاذ، أصبح بإمكان منظِّم الساعة أن يعاوض تقلّبات درجة الحرارة بشكل مثاليّ. H3 أصغر قليلاً من سابقتيها، مع ذلك، يبلغ ارتفاعها ستين سنتيمتراً ووزنها ثلاثين كيلوغراماً، قام هاريسون طيلة عقدين من الزمن بتصنيعها مراراً وتكراراً، لكنّه لم يتمكّن من جعلها مثاليّة تماماً. «أمضى هاريسون العجوز المسكين 19 عاماً من حياته محاولاً إقناع H3 بقياس الوقت بدقّة» يقول جوناثان بِتْس، قَيِّمُ قسم الساعات في المتحف. «ولم يتمكّن من تحقيق ما يرضيه. في ما بعد، كان يشير إليها بحسرة على أنّها: آلتي الثالثة الغريبة! لا بدّ أنّها سبّبت له خيبة أمل كبرى». ربّما ينعكس إحباط هاريسون في الكلمات التي نقشها على كلّ آلة من آلاته، النقش على H2 المحفور بأحرف كبيرة مزخرفة يقول (مصنوعة من أجل جلالة الملك جورج الثاني)، أمّا نقش H3 فهو ببساطة: (جون هاريسون).

مع وصول H3 إلى أفق مسدود على ما يبدو، جرّب هاريسون مقاربة جديدة مختلفة اختلافاً جذريّاً، إذ رسم مخطّطات لساعة جيب صغيرة الحجم أراد استعمالها لقياس دِقّة آلاته الكبيرة، وكلّف صديقاً له بصناعتها. معظم الساعات في عصر هاريسون كانت عديمة الكفاءة من حيث الدقّة، لكن عندما بدأ هاريسون بالتفكير في تصميم ساعة الجيب الجديدة، اكتشف أنّ بإمكانه فعليّاً صنع واحدة دقيقة.

لقد بدأ يفكّر أخيراً باستعمال مقياس أصغر، ونجح ذلك! النتيجة كانت آلة مدهشة هي H4، الفرق بينها وبين آلاته السابقة كالفرق بين الليل والنهار. الساعات الأولى كانت ضخمة، أمّا H4 فقطرها لا يتجاوز 12 سنتيمتراً، أي أنّها تعادل حجم صحن تحلية، وتزن 1.5 كغ لا أكثر. بدت داخل صندوقها الفضيّ البرّاق كأنّها نسخة كبيرة الحجم من ساعة جيب عاديّة، لكنّها أبعد ما تكون عن العاديّ! الاحتكاك معدومٌ نظريّاً بين قطعها الداخليّة بمحاورها المصنوعة من الياقوت والماس، كما أنّها لا تفقد أثناء الرحلات البحريّة أكثر من 5 ثوان على مدى شهرين ونصف. إنّها أفضل ساعة رآها العالَم!

ماطلتْ هيئةُ خطوط الطول هاريسون رغم نجاح H4، إذ ظلّت «تعدّل المعايير المطلوبة لمنح الجائزة» كما يقول جوناثان بتس، وأعطته سلسلة من الدفعات النقديّة الصغيرة لا غير. لم يتسلّم المخترعُ الجائزةَ كاملة إلّا بعد أن قدّم التماساً مباشراً للملك الجديد جورج الثالث[1]، ثمّ مات بعد ثلاث سنوات.



الكرونومتر البحريّ الفائق الدقّة الذي صنعه جون هاريسون، والمعروف ببساطة بـ H4

قصّة جون هاريسون هي قصّة مميّزة، رغم أنّه لم يتلقّ التقدير الذي يستحقّه إلّا مؤخّراً. «كان هاريسون أبا الساعات الدقيقة» يقول بتس، «اختراع H4 جعل الناس يدركون أنّ بإمكانهم حملُ (الوقتِ الدقيق) في جيوبهم وعلى معاصمهم».

في العقود الأخيرة من القرن الثامن عشر، مرّت بريطانيا بتغيّرات ساحقة -نشير إليها اليوم بالثورة الصناعيّة- لم يكن معظمها ممكناً لولا قياس الوقت بدقّة. الطاقة البخاريّة التي تعتمد على الفحم بالدرجة الأساسيّة خلقت ثورة في مجال الصناعة، إذ بدأ الناس يعملون في المصانع، من ثمّ بدأ نقلُ

1- في نهاية المطاف، قام البرلمان بناء على إلحاح الملك بدفع مستحقّات هاريسون، أمّا هيئة خطوط الطول فلم تمنح الجائزة لأحد في الحقيقة. فالك

البضائع بالسفن البخاريّة والقطار البخاريّ، ومع نهاية القرن التاسع عشر نقل التلغراف والهاتف المعلوماتِ عبر مسافات شاسعة خلال لحظات... كلّ تلك التطوّرات جعلت العالَم أكثر تنظيماً، كما غيّرتِ الصناعةُ الجديدة منذ البداية الطريقةَ التي يحيا بها الناس، وأصبح دور الساعة أعظميّاً كما يكتب مؤرِّخ العلوم جي. جي. وِيثرو:

«الطاقة البخاريّة هي محرّك الثورة الصناعيّة. فيما مضى، توجّب على عاملات الغزل اليدويّ اللواتي يعملن في أكواخهنّ أن يكدحن لكسب معيشتهنّ، لكن كان بإمكانهنّ العمل متى أردْن على الأقلّ، أمّا العمّال في المصانع فقد توجّب عليهم العمل ما أن تُشغَّل طاقة البخار. اضطرّ الناسُ بالتالي أن يكونوا دقيقين في مواعيدهم، بالساعة والدقيقة».

لعلّ المحرّك البخاريّ رمزٌ لحقبة التغيّرات العميقة تلك، لكنّ الساعة هي ما جعلتْها ممكنة. «الساعة -وليس المحرّك البخاريّ- هي الآلة التي افتتحت الحقبة الصناعيّة المعاصرة» كما يعلّق المؤرّخ لويس مَمْفورد. تأثيرها على المجتمع كان عميقاً، وشعر به عمّال المصانع أكثر من غيرهم، فالساعة تعلن الآن بوضوح بِكَم من الوقت يدين العامل لربّ عمله، وكم يملك من الوقت لاستخدامه الشخصيّ. بعد ذلك، انفصل العمل عن التسلية تماماً مع بداية القرن العشرين.

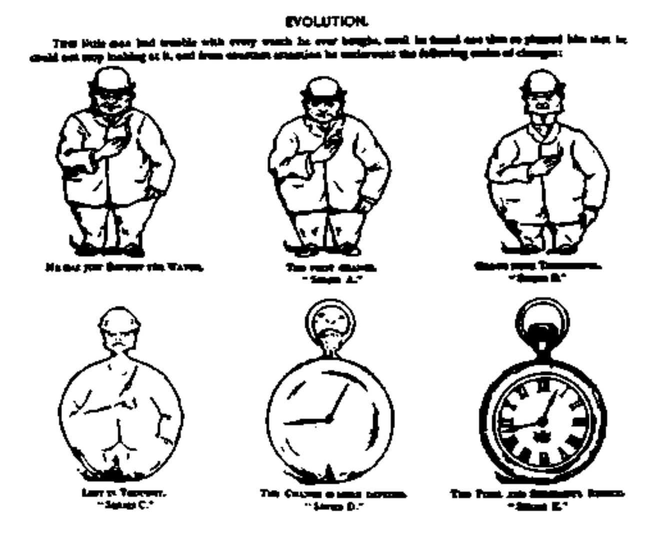
القطارات: معضلة المناطق الزمنيّة

رغم كلّ ما سبق، ظلّ الزمن شأناً محليّاً. في بدايات حقبة 1800م، اتّبعت المدن المختلفة توقيتاً مختلفاً، ورغم أنّ الساعات على اختلاف أنواعها أصبحت شائعة في بريطانيا، لكنّ استعمالها ظلّ معتمداً على الشمس: تحلّ الظهيرة عندما تصبح الشمس في أعلى موقع لها في السماء، وبالتالي سيختلف توقيتها من مدينة إلى أخرى. مهما كان هذا الاختلاف ما بين المدن المتجاورة ضئيلاً لكنّه سيتراكم، توقيت دوڤر في الشرق يختلف بنصف ساعة عن توقيت بنزانس في الغرب، كما يبلغ فارق التوقيت بين لندن وبريستول عشرين دقيقة. في أمريكا الشماليّة كان التباين في فروق التوقيت أكبر، عندما

تحلّ الظهيرة في شيكاغو مثلاً تكون الساعة 12:30 في بيتسبورغ، 12:55 في نيويورك، 1:08 في بوسطن.

بالكاد كان اختلاف التوقيت مهمّاً في عصر العربات التي تجرّها الخيول والسفرِ الذي يستغرق عدّة أيّام من مدينة إلى أخرى، لكنّ الناس صاروا يتحرّكون أسرع وأصبح العالَم أصغر مع امتداد رقعة السكك الحديديّة في حقبة 1800. تعجّب الكاتب والشاعر الألمانيّ هنرييتش هاينه من انكماش القارّة الأوروبيّة عندما كتب من باريس عام 1843:

«يا للتغيّرات التي ستظهر الآن في طريقة رؤيتنا للأشياء وملاحظتنا لها! لقد قتلتْ سككُ الحديد المسافةَ الشاسعة وبقي لنا الزمن فقط! تستطيعون الآن أن تسافروا إلى أورليان خلال أربع ساعات ونصف الساعة، وإلى روين خلال الوقت ذاته، تخيّلوا ماذا سيحدث عندما تصل سكك الحديد إلى ألمانيا وبلجيكا! أشعر كأنّ جبال وغابات كلّ البلدان تتقدّم إلى باريس، وأشمّ منذ الآن رائحة أشجار الزيزفون الألمانيّ، وها هي أمواج بحر الشمال تتكسّر على بابي!»



رجل وساعة جيب يندمجان معاً تدريجيّاً

في إعلان لشركة ووتربوري للساعات عام 1883م

لم يكن تحقيق ذلك «الوصل» سهلاً بأيّ حال بسبب مشكلة التباين في التوقيت، إذ سبّبت فروقات التوقيت المحليّ ارتباكاً متزايداً. الملاحظة التوضيحيّة التالية المرفقة بجدول مواعيد قطارات «سكّة الحديد الغربيّة الكبرى» البريطانيّة هي نموذج عن ذلك:

«توقيت لندن معمول به في كلّ المحطّات على طول سكّة الحديد، وهو يتقدّم على توقيت ستيفنسون بـ 5.5 د، وعلى توقيت سيرنسيستر بـ 7.5 د، على توقيت شيبنهام بـ 8 د، على توقيت بريدجووتر بـ 14 د»

بادرت بريطانيا بأخذ الخطوة الأولى، ففي عام 1847م بدأت جميع البلدان التي تصلها سكّة الحديد باعتماد توقيت غرينتش الوسطيّ GMT أو «التوقيت الشمسيّ الوسطيّ[1] المقاس في غرينتش». تعرّف معظم البريطانيّين إلى النظام الزمنيّ الجديد عام 1851 عندما افتُتِح معرضُ لندن الكبير، حيث سافر أكثر من ستّة ملايين شخص -معظمهم بالقطار- إلى العاصمة في تلك السنة، وفي عام 1880 تمّ اعتماد توقيت غرينتش كتوقيت معياريّ رسميّ للأمّة.

في أمريكا الشماليّة كان الوضع أكثر تعقيداً، إذ اعتمدت شركات السكك الحديديّة على عدد من المناطق الزمنيّة المحليّة الصغيرة، وصل عددها إلى ثمانين على الأقلّ على امتداد القارّة بحلول حقبة 1870، فأصبح جدول مواعيد القطارات أشبه بـ «دليل استعمال» تقنيّ، نظراً لأنّ القطارات كانت تشقّ طريقها بين المدن ضمن خليط عشوائيّ من المناطق الزمنيّة المحليّة.

توصّل المهندس ستانفورد فلمنغ (1827-1915م) - وهو إسكتلنديّ المولد ترعرع في كندا- إلى حلّ منطقيّ عندما طرح نظاماً لتوحيد التوقيت حول العالم، إذ اقترح عام 1879 تقسيمَ الكرة الأرضيّة إلى 24 منطقة زمنيّة متساوية من «التوقيت المعياريّ» تمتدّ كلّ منها على 15 خطّ طول، وتُضبَط

1- تعطينا المزولة الشمسيّة ما يدعى بالتوقيت الشمسيّ، أمّا ما نحاول ضبط ساعاتنا وفقه فهو «التوقيت الشمسيّ الوسطيّ» أي الوقت الذي ستقيسه المزولة لو تحرّكت الشمس بسرعة منتظمة ثابتة عبر السماء في جميع أوقات السنة. فالك

الساعاتُ في كلّ منطقة منها على توقيت واحد هو التوقيت الشمسيّ الوسطيّ المأخوذ عند خطّ الطول الموجود في منتصف المنطقة، وكلّ منطقة تسبق جارتها أو تؤخّر عنها بساعة واحدة فقط. رفض منتقدوه هذه الفكرة باعتبارها طوباويّة، لكنّ فلمنغ روّج لها في مؤتمر تلو الآخر عاماً بعد عام.

كي ينجح نظامه، لا بدّ من اختيار «نقطة بداية» لقياس الوقت، أيّ خطّ طول مبدئيّ تقاس بقيّة المناطق الزمنيّة نسبة إليه. تلقائيّاً، أرادت كلّ الدول أن تحظى بشرف مرور الخطّ المعياريّ فوق ترابها، لكنّ بريطانيا كانت متفوّقة تفوّقاً واضحاً: مرصد غرينتش يضمّ أكثر الساعات والتلسكوبات تطوّراً، ومعظم السفن حول العالم تستعمل توقيت غرينتش أصلاً كتوقيت معياريّ. بعد الكثير من الجدل، وافق المجتمع الدوليّ على اعتبار خطّ غرينتش بمنزلة خطّ الطول الأساسيّ، وتمّ تبني اقتراح فلمنغ حول التوقيت المعياريّ من قبل المندوبين الآخرين الذين حضروا «مؤتمر خطّ الطول الأساسيّ العالميّ» في واشنطن عام 1884م[1]. مع ذلك، تجنّب الفرنسيّون أيّ ذكر لخطّ غرينتش في وثائقهم رسميّاً. في عام 1898، كان التوقيت الفرنسيّ الرسميّ هو «توقيت باريس الوسطيّ» الذي يتأخّر بمقدار 9 دقائق و21 ثانية عن توقيت غرينتش، لكنّه «يتطابق بالصدفة مع توقيت ضاحية من ضواحي لندن الخضراء» على حدّ قول الكاتب كلارك بليز.

التوقيت المعياريّ هو من المسلّمات بالنسبة لنا الآن، عندما نسافر بالطائرة لأيّ منطقة زمنيّة جديدة، نقوم فوراً بتقديم أو تأخير ساعاتنا كما يبلغنا الطيّار، ونحن غافلون عموماً عن الفوضى التي كانت ستسود لولا هذا النظام. تداعيات التوقيت المعياريّ كانت هامّة، ولعبت دوراً بتشكيل الهويّات القوميّة حسب ما يذكر المؤرّخ مايكل أومااللي من جامعة جورج مايسُن في ڤرجينيا، وهو مؤلّف كتاب «المراقبة: تاريخ للوقت الأمريكيّ». إحدى نتائج التوقيت الموحّد كما قال لي أومااللي هي نوع من «الرابطة الشاقوليّة» تربط بين مدن وبلدات تفصلها آلاف الكيلومترات، لكنّها تتوضّع

1- من الجدير بالذكر أنّ النظام الجديد كان اختراعاً غربيّاً. حضر المؤتمر مندوبان لا غير عن قارّة آسيا أحدهما تركيّ والآخر يابانيّ، علماً أنّ تركيا واليابان هما البلدان الوحيدان غير المسيحيّين بين المشاركين. فالك

بالصدفة على خطّ طول واحد نوعاً ما. «التوقيت الموحّد يجمعني مع سكّان أتلانتا، أناس ليس بيني وبينهم أيّ قاسم مشترك عدا أنّنا نستيقظ في الموعد نفسه» يقول أومالّلي، «موعد شروق الشمس في أتلانتا مختلف تماماً عن موعد شروقها هنا». اليوم، سيبدأ أستاذ ما من ماين ومحامٍ من بالتيمور وموظف في متجر بفلوريدا، أعمالهم في الوقت ذاته، وإن كانوا بالصدفة من عشّاق كونان أوبراين أو ديڤيد ليترمان، سيشغّلون أجهزة التلفاز في التوقيت ذاته مساءً. هذا النوع من التوافق الزمنيّ كما يعلّق أومالّلي، يصبح جليّاً خلال الأحداث المتلفزة المهمّة مثل مباريات السوبر بول، فالماء سيُدلَق أثناء الفواصل الإعلانيّة في مليون مرحاض في الوقت نفسه تقريباً، والشركات المسؤولة عن البنى التحتيّة هي خير من يعرف ذلك!

مع ترسّخ استعمال التوقيت الموحَّد، قطعت الآلات التي نستعملها لقياس الوقت خطوة باتّجاهنا: بدأنا بارتدائها. في البداية، اعتُبِرَتْ ساعات اليد نوعاً من الحليّ المخصّصة للنساء عموماً، ثمّ تغيّرت تلك النظرة عندما بدأ الجنود بارتدائها في الخنادق أثناء الحرب العالميّة الأولى، وصرنا نلبس آلات قياس الوقت الحميمة منذ ذلك التاريخ[1].

في أواخر حقبة 1920، سمح اختراع «مُذَبذِب» oscillator بلّوراتِ الكوارتز بقياس الوقت على نحو أدقّ من أفضل الساعات الميكانيكيّة. اكتشف العلماء أنّ بعض أنواع البلّورات تهتزّ عند تعريضها لشحنات كهربائيّة -يمكن التحكّم بتواتر الاهتزاز من خلال تعديل حجم البلّورة- من ثمّ تُستخدم الاهتزازاتُ للتحكّم بدارة مُدمَجة، هي أساساً سلسلة من القواطع الإلكترونيّة الضئيلة التي تقدّم طاقة لتشغيل الساعة، سواء كانت ديجيتال أم عاديّة (في الساعة الديجيتال لا توجد قطع متحرّكة). تمّ تطوير أولى ساعات الكوارتز الكفوءة في حقبة 1940، ولا يزيد الخطأ في قياس أفضلها حالياً للوقت عن $\frac{1}{10000}$ ثانية في السنة، وهي خطوة تفوّق تفوّقاً ملحوظاً على

1- قبل عدّة سنوات كنتُ سأكتب: «الكثير منّا يشعرون بأنّهم عراة دون ساعة يد» أو جملة مشابهة، لكنّ ذلك لم يعد صحيحاً. تسود حالياً نزعة للتخلّي نهائيّاً عن ساعة اليد باعتبار «ألّا لزوم لها» مع وجود ساعات LCD في هواتفنا الذكيّة. في الواقع، الكثير منّا يشعرون بأنّهم عراة اليوم دون هاتفهم الذكيّ. فالك

أفضل ساعة ميكانيكيّة. ظهرت أوّل ساعة كوارتز لليد في أواخر حقبة 1960، حتّى النوع الرخيص منها الذي يباع لقاء دولار واحد يقيس الوقت بنسبة خطأ لا تتجاوز ثانية واحدة في اليوم، وأصبح أمامنا تشكيلة واسعة من الساعات المختلفة التي تعتمد على مُذَبذِب بلّورات الكوارتز الصغير، إحدى المعجزات الهندسيّة في القرن العشرين.

الحياة وفق التوقيت الذرّيّ

أثبت نوع آخر من المُذبذِبات يعتمد على تواتر الاهتزازات الطبيعيّة للذرّات أنّه أكثر دقّة. صُنِعتْ أوّل ساعة ذريّة عام 1948 اعتماداً على جزيئات الأمونيا، ثمّ توصّل العلماء بعد عدّة سنوات إلى طريقة استخدام ذرّات السيزيوم لبناء ساعة تقيس الوقت بكفاءة عالية. في ساعة السيزيوم، توضع الذرّات في تجويف خاصّ، ويتمّ قصفها بأشعّة ميكرَويّة[1] microwave، ممّا يجعل الذرّات تقفز صعوداً ونزولاً بين مستوَيَين للطاقة، ويبقى معدّل قفزها (تواتر اهتزازها) مستقرّاً إلى أقصى درجة. ساعات السيزيوم موجودة اليوم في جميع مختبرات الأبحاث الرائدة حول العالَم، بما فيها مرصد البحريّة الأمريكيّة الفلكيّ، حيث يفخر د. ماتساكيس فخراً له مبرّراته بمجموعته من الساعات الغريبة.

بفضل الساعة الذريّة، نحن قادرون اليوم على قياس الوقت بدقّة تفوق دقّة الدورات الطبيعيّة التي ألهمت فكرة صناعة الساعة. في الماضي، كنّا نعتمد على المزولة الشمسيّة للتأكّد من دقّة الساعات التي نصنعها، لكن ما يحدث اليوم هو العكس، إذ إنّنا نستخدم الساعات الذريّة الفائقة الدقّة لكشف عدم الانتظام في دوران الأرض («الأرض ساعة رديئة» على حدّ قول ماتساكيس). نتيجة لذلك، تغيّر التعريف العالميّ للثانية عام 1967: عُرِّفَت الثانية سابقاً بالاعتماد على التوقيت الشمسيّ، والثانية الواحدة كانت تساوي ببساطة $\frac{1}{86400}$ من اليوم الشمسيّ الوسطيّ. هذا التعريف خاطئ حكماً

1- جزء من الطيف الكهرومغنطيسيّ، طول موجتها من رتبة الميكرومتر أي 0.000001 متر تشبه تلك المستخدمة في فرن المايكروويف. المترجمة

لأنّ طول الأيام متفاوت كما نعرف، لذلك تُعرَّف الثانية حالياً بأنّها المدّة التي يهتزّ فيها نوع معيّن من نظائر السيزيوم 9,192,631,770 مرّة.

تعدنا التكنولوجيا الحديثة بقياس أدقّ للزمن في المستقبل. على سبيل المثال، الأجهزة التي تُسمّى بـ «ساعات النافورة الذرّيّة[1]» و«ساعات مصيدة الأيونات[2]» تطوّرت خلال السنوات القليلة الماضية. زملاء ماتساكيس في المرصد يعملون على ساعة نافورة ذريّة تستعمل ذرّات عنصر الروبيديوم rubidium، وعندما يكتمل تطويرها كما يقول ماتساكيس، ستكون قادرة على قياس الوقت بدقّة تفوق بخمسين إلى مئة مرّة مجموعةَ الساعات الذريّة الحاليّة. من ناحية أخرى، يتمّ استغلال عناصر أخرى تهتز بتواتر أعلى مثل السترونتيوم strontium الذي يهتزّ بتواتر مقداره 429,228,004,229,952 دورة في الثانية (أي 429 تريليون مرّة في الثانية)، كما أعلن الباحثون اليابانيّون في جامعة طوكيو أنّهم تمكّنوا مؤخّراً من تصنيع «ساعة شبكة بصريّة» بالاعتماد على السترونتيوم، لا يتعدّى مقدار الخطأ في قياسها للوقت $\frac{1}{10^{18}}$ ثانية أي جزءاً واحداً فقط من كلّ ألف تريليون جزء من الثانية. مثل تلك الساعة لن تفقد أو تكسب أكثر من ثانية واحدة خلال 30 مليار سنة!

لا يعتمد التوقيت الذريّ على ساعة محدّدة أو على مختبر واحد فقط، بل بالأحرى على شبكة عالميّة من الساعات الذريّة. ترسل المختبرات إشاراتِ ساعاتها الذريّة من أنحاء العالم إلى قسم موجود في «المكتب الدوليّ للأوزان والمقاييس» الموجود على مشارف باريس، وفيه تقوم الكمبيوترات بحساب نوع من الزمن الوسطيّ لإشارات تلك الساعات، وفقاً لنسبة محدّدة لكلّ منها (يسهم مرصد البحريّة الأمريكيّة الفلكيّ بـ 40% من ذلك الوسطيّ)، والنتيجة كما ذكرنا هي التوقيت العالميّ الموحّد UTC.

1- Atomic fountain clock: يتمّ ضخّ غاز السيزيوم في الحجيرة، ثمّ تُسلّط عليه 6 حزم ليزريّة تجعل الذرّات تتجمّع بشكل كرة تندفع للأعلى، وعند إيقاف الليزر تسقط الذرات للأسفل بفعل الجاذبيّة (تشبه حركة النافورة). هذه الساعة أكثر دقّة بكثير من ساعة السيزيوم العاديّة. المترجمة

2- Ion trap clock: ساعة ذريّة فائقة الدقّة تعتمد على استخدام نوعين من الشوارد هما الألمنيوم والمغنيزيوم. المترجمة

لم نصل بعد إلى نهاية القصّة! كشفت الساعات الذريّة عن أنّ الأرض بحدّ ذاتها تتباطأ، أي أنّها تدور بسرعة أقلّ من سنة إلى أخرى. هذا الأثر ناجم عمّا يُعرَف باسم «الاحتكاك المَدّيّ» Tidal friction، وهو نوع من قوى الاحتكاك تنجم عن قيام القمر (وبدرجة أقلّ الشمس) بجذب الأرض ومحيطاتها جذباً غير متساوٍ، وكأنّ مكابح عملاقة تُطبَّق على كوكبنا الدوّار. بالتالي، يزداد طول النهار كلّ عام بأقلّ من ثانية وسطياً، ففي زمن الديناصورات كان طول «اليوم» على الأغلب 23 ساعة! إن تُركَتْ الساعات الذريّة وشأنها، سينتهي بها الحال بالافتراق جذرياً عن التوقيت الشمسيّ، والحلّ يكمن بإدخال «ثانية كبيسة» من فترة لأخرى، تُضاف إلى التوقيت العالميّ الموحَّد UTC في نهاية شهر حزيران أو نهاية كانون الأوّل عند الحاجة، من أجل الحفاظ على التزامن ما بين التوقيت الذريّ ودوران الأرض (أي مع التوقيت الشمسيّ). لولا هذا التصحيح، سترتفع الشمس إلى أعلى نقطة لها في السماء عند منتصف الليل لا منتصف النهار بعد آلاف السنين. منذ اعتماد مبدأ الثواني الكبيسة عام 1972، تمّت إضافتها 23 مرّة إلى التوقيت.

نظام الثواني الكبيسة لا يحظى برضا الجميع، احتمال الخطأ البشريّ وارد دائماً -قد ينسى مبرمج الكمبيوتر إدخال الثانية الكبيسة، أو يدخلها على نحو خاطئ- وبالتالي ستنحرف الساعة الرئيسيّة عن مسارها. ما هو الفرق الذي تحدثه ثانية واحدة؟ فرق مهمّ في عالَم اليوم. رأينا كيف يعتمد نظام GPS على إشارات الساعات الذريّة، على خطّ عرض مدينة واشنطن مثلاً، خطأ مقداره 1 ثانية في الساعة الذريّة الرئيسيّة سيؤدّي إلى خلل مقداره ألف قدم (300 متر تقريباً) في تحديد ارتفاع جسم ما عن سطح البحر كما يقول ماتساكيس، «هل تودّ أن تتحطّم طائرتك لأنّ نظام GPS يعتقد أنّها أعلى بألف قدم من موقعها الحقيقيّ؟» سألني.

ما هو البديل عن نظام الثواني الكبيسة؟ ببساطة، يمكن أن نستغني عنها، أي أن نترك التوقيت الذرّيّ يفترق تدريجياً عن التوقيت الشمسيّ. إن حدث هذا السيناريو، سيواجه الفلكيّون صعوبة بأداء عملهم قبل مضيّ زمن طويل، لأنّ توجيه التلسكوب بالاتّجاه الصحيح يقتضي معرفة الوقت بالنسبة لدوران

الأرض، وسيؤدّي انحراف التوقيت بمقدار بضع ثوان فقط إلى عدم تموضع الجسم المدروس ضمن نطاق التلسكوب. سيستنبط الفلكيّون بلا شكّ طرقاً للتصحيح، لكن حتّى الناس العاديّون سيحسّون بوطأة تباين التوقيتَين المتزايد... هل سيرغب النيويوركيّون بألّا تشرق شمسهم صبيحة الانقلاب الشتويّ قبل الساعة العاشرة؟ الخيار الآخر هو أن نترك الثواني تتراكم إلى أن تصبح ساعة كاملة –ممّا يستغرق 600 سنة– وعندها نضيف ساعة كبيسة كاملة، وهو أمر نحن معتادون على القيام به بفضل نظام التوقيت الصيفيّ. يعلّق النقّاد أنّ هذا الحلّ هو عبارة عن تأجيل المشكلة لمئات السنوات لا غير، وتمريرِها إلى أبناء القرن السابع والعشرين. الهيئة الدوليّة المسؤولة عن اتّخاذ القرار في مثل هذه المسائل هي «الاتّحاد الدوليّ للاتّصالات» الذي عقد مؤتمراً في جنيڤ عام 2005 لحسم الجدل، لكن قراره كان: «يتطلّب الاتّفاق مزيداً من الوقت».

يعود أصل الجدل إلى العصور الوسطى: هل نستقرئ الوقتَ «من» الطبيعة بالنظر للأعلى إلى موقع الشمس والنجوم؟ أم نفرض الوقتَ «على» الطبيعة بالنظر للأسفل إلى ساعاتنا الميكانيكيّة؟! حتّى الآن، تمكّن الإنسان من تحقيق توازن هشّ بين هذين الدافعَين المتناقضين.

الساعات الذريّة مبهرة من الناحية الفكريّة، ونحن بكلّ تأكيد نعتمد عليها في فعاليّاتنا اليوميّة أكثر بكثير ممّا نعتقد، لكنّ ساعتي المفضّلة هي تلك الساعة الميكانيكيّة الموثوقة في سالزبوري، الساعة التي ظلّت قائمة طيلة ستمئة عام، وشهدت كلّ تقلّبات التاريخ الإنجليزيّ منذ القرن الرابع عشر وحتّى اليوم. عندما يتذكّر جون بليستر القائم عليها ذلك التاريخ، تكشف كلماته عن عمق عاطفته تجاه الساعة وتجاه بلاده: «يا إلهي! الطاعون، الحرب الأهليّة في إنجلترا، انقسام البلد إلى شمال وجنوب، حروب الوردة...». وهو يعدّد المحطّات الرئيسيّة في حياة الساعة، كنتُ أفكّر بتكّاتها المنتظمة تيك –توك تيك– توك: صوت ناعمٌ لكنّه مستمرٌ في غفلة عن الحروب والسلام، وعن المجاعة والرخاء، وعن الثورة والإمبراطوريّة. خلال معظم تلك القرون، كانت الساعة موجودة في أعلى برج الجرس وهو ما أبقاها آمنة على الأغلب، «لقد شهدت الساعةُ هجوم أوليڤر كرومويل،

لحسن الحظّ أنّها كانت بعيدة عنه في أعلى البرج فلم يعبث بها» شرح لي بليستر بحماس، «وشهدت أيضاً سفنَ الملكة إليزابيث الأولى المسكينة عندما تمّت ملاحقتها عبر القنال الإنجليزيّ، وكانت دقّاتها مسموعة عندما غرقت سفينة ماري روز، ومؤخّراً –وهو ما يثير حماس الأطفال الإنجليز أكثر– كانت تكّاتها مسموعة أيضاً في هذه الكاتدرائيّة عندما حاول غاي فوكس تفجيرَ البرلمان... تاريخ الساعة مدهشٌ بالفعل!». صمت بليستر قليلاً ثمّ أضاف: «أتساءل بماذا سيجيب من صنعوها آنذاك، لو قلنا لهم إنّ هذه الساعة ستشهد وصول الإنسان إلى القمر. أنا واثق أنّهم سيظنّون أنّنا فقدنا عقولنا!».

* * *

في قبضة الزمن

الزمنُ والثقافة

- على ضوء ما يترتّب عليكَ القيام به، تبدو لي الساعة عندما تضيّعها كأنّها ألف... لأنّني أعتبر ألّا شيء أثمن بالنسبة لكَ روحاً وجسداً من الوقت، وأظنّ أنّك لا تقدّره حقّ تقديره.

• رسالة إلى فرانسيسكو دي ماركو داتيني (رجل أعمال إيطاليّ ناجح) من زوجته عام 1399م.

كثيراً ما نسمع أنّ حياتنا تتسارع باطراد، وأنّها مليئة بالضغوطات أكثر من قبل، لدرجة أنّ هذه العبارة تحوّلت إلى كليشيه لا داعي لترديده... لكنّنا نلقي نظرة على ساعتنا باستمرار، أليس كذلك؟ حتّى عندما نحاول ألّا نفكّر بالوقت، الوقت موجود دائماً في الخلفيّة، كما أنّه يهدّدنا: العديد منّا يقبضون أجوراً ساعيّة، شركات الهاتف والإنترنت تحسب فواتيرها وفق الدقائق، وقت الإعلان مدفوع حسب الثواني. في العقود القليلة الماضية، بلغ إيقاع الحياة سرعةً هائلة، ونحن مدفوعون لإنجاز المزيد والمزيد في وقت أقلّ فأقلّ. هذا لا يعني أنّ وقت المتعة اختفى، ملاعب الغولف ومنتجعات التزلّج ما تزال مكتظّة، لكنّنا نشعر أنّ علينا أن نستعجل حتّى ونحن نتسلّى! هل يتفقّد الشخص المتمدّد إلى جوارك على الشاطئ هاتفه البلاك بيري؟

يرسل الآخرون الإيميلات إلينا في الصباح، ثمّ يتّصلون كي يسألوا لماذا لم يتلقّوا ردّاً بحلول استراحة الغداء. بعد أن نقضي النهار كلّه جالسين أمام شاشات الكمبيوتر نعود إلى المنزل، حيث نتفقّد إيميلاتنا الشخصيّة على الفور، كما أنّ بعضنا ينجزون أعمالهم أثناء التنقّل بالمواصلات. وجدت دراسة حديثة أنّ «صنع سندويشة» أصبح عبئاً ثقيلاً بالنسبة للعديد من الناس، ممّا يضطّرهم لشراء الأطعمة الجاهزة المحضَّرة مسبقاً.

ذلك الشعور الملحّ بوجوب حشر أقصى عدد ممكن من الفعاليّات ضمن أقصر وقت ممكن، كما يقول المعلّق الثقافيّ الفرنسيّ فرانسوا تورنيه، جعَلَنا «سجناء للحاضر... وإن لم نبطئ إيقاعنا، نحن نخاطر بالاغتراب عن مستقبلنا». نحن نعيش في «مجاعة للوقت» يضيف هارفي مولدوفسكي، مديرُ مركز «النوم والتزامن الحيويّ» في جامعة تورنتو، «لا يوجد وقتٌ كافٍ في ساعات صحونا كي ننجز كلَّ المتطلّباتِ التي يتوقّع منّا المجتمع الصناعيّ إنجازها».

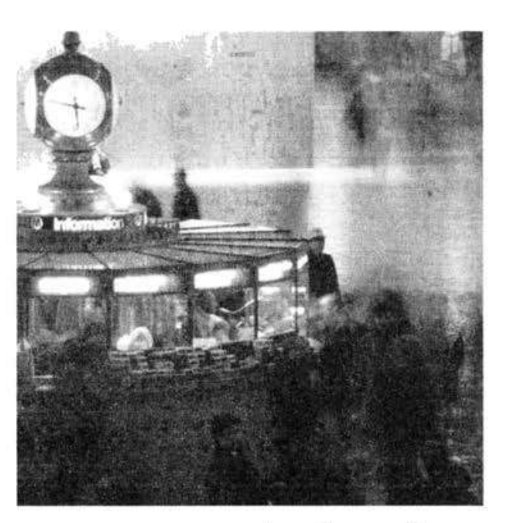
كما رأينا في الفصل الماضي، اهتمَّ أسلافنا الذين عاشوا قبل قرون قليلة نوعاً ما بالدقائق، لكنّ الثواني لم تعنِ لهم شيئاً على الإطلاق. في الواقع، الثواني هي مفهوم حديث نسبيّاً، تشوسر[1] لم يعرف قط ما هي «الدقيقة»، شكسبير عرفها لكنّه لم يأتِ قط على ذكر «الثانية»، وحتّى في عصر شكسبير، كانت كلمة الساعة Hour مستخدمة أحياناً بمعنى «لحظة» -ممّا يعني أنّ الناس بإمكانهم التأقلم جيّداً دون تقسيمات أدقّ للزمن- كمثال، الكلمات الختاميّة في صلاة «السلام الملائكيّ» الموجَّهة لمريم العذراء: صلّي لنا، الآن وفي «ساعة» موتنا.

بأيّ حال، لا يبدو أنّ الجميع على عجلة من أمرهم حتّى في يومنا هذا. لقد تبدّلت الطريقة التي نتفاعل بها مع الزمن جذريّاً خلال الألفيّة المنصرمة،

1- جيفري تشوسر Geoffrey Chaucer شاعر ودبلوماسيّ إنجليزيّ عاش في القرن الرابع عشر، ويعدّ من أعظم الشعراء الهزليّين، من أشهر مؤلّفاته «حكايات كانتربري». المترجمة

وتباينت بشدّة من ثقافة إلى أخرى، بدءاً من الثقافات المهووسة بالوقت إلى تلك التي تلاحظ بالكاد وجود الماضي والمستقبل. كما رأينا في بعض الأمثلة، انعكست تلك الاختلافات من خلال المراصد الفلكيّة والساعات والتقاويم التي ابتكرناها، لكنّ الاختلافات الزمنيّة تظهر خِفْيةً في الأديان التي نعتنقها، والطقوس التي نتّبعها، وحتّى في الكلمات التي ننطقها.

مرّ معنا في الفصل الثاني كيف اعتبر المايا في أمريكا الوسطى الزمنَ بمنزلة عضويّة حيّة فعّالة، لكنّهم لم يتفرّدوا بوجهة نظرهم تلك، إذ إنّها تُصادفنا في مختلف أرجاء الكرة الأرضيّة، انطلاقاً من مناطق القبائل الأفريقيّة، وصولاً إلى حضارات الشرق الأقصى القديمة الراقية.



لا يوجد وقتٌ كافٍ أبداً! محطّة غراند سنترال ستايشن، نيويورك

الصين: نسيجُ الزمن

تنفرد الحضارة الصينيّة عن غيرها بنظرتها المعقّدة إلى الزمن. درس الصينيّون القدماء السماءَ الليليّة بأدقّ تفاصيلها، «عظام العِرافة» مثلاً -وهي عظام تُستَخدم للتنبّؤ، تعود إلى عهد سلالة شانغ حوالي القرن الثالث عشر قبل الميلاد- تصف خسوفاً قمريّاً، وتمثّل أحد أقدم السجلّات الباقية عن

حدث فلكيّ معيّن. مثل المايا، اعتبر الصينيّون أنّ الأحداث السماويّة لها تأثيرات على الأرض، وأنّ كلّ مذنّب وكلّ كسوف أو خسوف، وكلّ ارتصاف معيّن بين الكواكب، هو بمنزلة «تعليق» إلهيّ على الأحداث في الأرض.

الزمن بالنسبة لهم كان دوريّاً بشكل جزئيّ، واعتبروا أنّ السلالات السياسيّة تظهر وتسقط بالتناغم مع الدورات السماويّة. في القرن 5 ق.م، قارن الحكيم كونفوشيوس الحاكمَ المثاليَّ بنجم القطب الشماليّ Polaris، الذي يدور حوله كلّ الكون[1]. مع ذلك، تراكب مع وجهة النظر هذه إحساسٌ عميقٌ باستمراريّة الزمن سواء على المدى القصير أو الطويل، ورأينا في الفصل السابق كيف صنعوا ساعة مائيّة متطوّرة قبل أكثر من قرن على ظهور أوّل ساعة ميكانيكيّة في أوروبا، لكنّ هذا الرقيّ الزمنيّ اقترن بما بدا للعقلانيّة الغربيّة نظرةً غريبة لكيفيّة تأثير الأحداث بعضها على بعض. في الصين القديمة، كان الزمن «محاكاً في نسيج ضخم» يقول ديڤيد بانكنِر -وهو علّامة في التاريخ واللغة والثقافة الصينيّة في جامعة ليهاي في بنسلڤانيا- إذ اعتقد الصينيّون أنّ الأحداث التي تقع في طرف ما من أطراف الإمبراطوريّة تؤثّر على الأحداث في جميع أجزائها، بغضّ النظر عن ترتيبها الزمنيّ، تماماً مثلما يؤدّي جذبُ طرف من أطراف قطعة قماشيّة إلى تجعّد كلّ سطحها. هناك إمبراطور صينيّ واحد على الأقلّ اختار أن يتنازل عن العرش عوضاً عن أن يحكم مدّة تزيد على ستّين عاماً، ممّا كان سيشكّل خرقاً للنظام الطبيعيّ.

عندما تمرّ إحدى السلالات الحاكمة بفترة انحطاط -هنا أيضاً نرى أصداء نظرة المايا إلى العالَم- ستشعر كلّ الإمبراطوريّة بالوهن. «إنّه فحوى اللحظة كلّها» يقول بانكنير، «هذا يشبه الاستماع إلى النغمة الأساسيّة في قطعة موسيقيّة نشاز». بالنسبة للصينيّين، كان الهدف هو «تحقيق التناغم الزمنيّ داخل الشخص، وبين الأفراد، وبين المجتمع والطبيعة» على حدّ قول المؤرّخ جي. تي. فرايزر.

1- سيجد هذا الشعور صدىً عند يوليوس قيصر، أو على الأقلّ في نسخة شكسبير عن الإمبراطور الذي يصرّح في المسرحيّة: «أنا ثابتٌ / دائمٌ مثل نجم الشمال / الذي لا يدانيه نجم في السماوات / بخصاله الدائمة الثابتة». فالك

الهندوسيّة والبوذيّة: الخلاصُ من دورات الزمن

تقدّم أديان الهند وجنوب شرقي آسيا نظرة مختلفة كلياً إلى الزمن، أو لنقل: للهرب منه. في المعتقد الهندوسيّ، يسود الزمن الدوريّ، أقصر دورة فيه تُعرَف باسم ماها يوغا maha yuga وتدوم أربعة ملايين وثلاثمئة وعشرين ألف عام. ألفٌ من دورات الماها يوغا تساوي دورة كالبًا kalpa واحدة، دورتا كالبًا تؤلّفان يوماً واحداً في حياة البراهما -وهو كبير آلهة الهندوس- ومئة عام من حياة البراهما تساوي 311 مليار سنة تقريباً. الزمن الدوريّ يضمن أنّ كلّ شيء سيعود إلى حالته السابقة، فالتاريخ -وربّما الزمن أيضاً بحدّ ذاته- هو وَهْم. لا شيء دائم، وحتّى الموت هو مجرّد معبر إلى الولادة والتجدّد.

في المعتقدات الهندوسيّة، نجد الإلهة كالي زوجة الإله شيڤا التي يخشاها الهندوس أكثر من بقيّة آلهتهم، وتجسّد كلّاً من القوّة الخلّاقة والقوّة المدمِّرة للزمن. تصوّرها المنحوتات الهندوسيّة غالباً بأربع أذرع ملطّخة بالدم، مرتدية إكليلاً من الرؤوس المقطوعة، كما تُصوَّر أحياناً على أنّها قاتلة منتصرة تقف فوق جثّة شيڤا الهامدة، وأحياناً وهي تتّحد معه اتّحاداً جنسيّاً، لكنّ شيڤا يعود دوماً للحياة، ويعيد معه كلّ المخلوقات إلى الحياة أيضاً.

توجد أمام الهندوسيّ الورع طريقة للخلاص من تكرار دورات الزمن اللّانهائيّة: يمكنه أن يدمج وعيه مع الكايڤاليا Kaivalya (تُترجَم أحياناً بمعنى «الانعزال» أو «الانفصال»). الزمن مشؤوم ومستبدّ، لكن يمكن ترويضه من خلال الاستنارة.

تقدّم البوذيّة طريقة مماثلة: بواسطة التأمّل، يمكن للبوذيّ أن ينجو من الدورات اللّانهائيّة للموت والولادة من جديد، وأن يحقّق الانعتاق التامّ من الزمن أخيراً في حالة تُدعى بالنيرڤانا (هناك طائفة بوذيّة هي مادياميكاس تعتنق ما يشبه «الفلسفة المتعالية[1]»، وتنكر وجود الزمن أساساً). لخّص

1- Transcendentalism حركة فلسفيّة ظهرت في بدايات القرن 19 في شرق الولايات المتّحدة الأمريكيّة، جوهرها يتلخّص بأنّ الخير متأصّل في الإنسان والطبيعة، وأنّ المجتمع ومؤسّساته أفسدت الفرد. المترجمة

الفيلسوف فيليب نوڤاك الوضع كما يلي: «يبدو أنّ المرء يقذف نفسه في أمواج الزمن الرهيبة، وإذ به يظهر راكباً أثَرَه، بعد أن حقّق الاستنارة».

أفريقيا: زمنُ الحدث

في بعض الثقافات، ينعكس الزمن «الحيّ» من خلال الأهميّة النسبيّة للأحداث وتتاليها، لا من خلال تتابعها وفقاً للساعة أو التقويم. في أجزاء عديدة من أفريقيا، يسود «زمنُ الحدثِ» على «زمن الساعة».

في حقبة 1930، أجرى الأنثروبولوجيّ البريطانيّ إي. إي. إيڤانز بْرِتْشارد دراسة مستفيضة عن قبائل النوير Nuer شبه الرحّل في جنوب السودان، واكتشف عدم وجود أيّ مفهوم ذي صلة بالساعات أو بالدقائق لديهم. في الواقع، لا تضمّ لغتهم ولو مفردة واحدة تتماشى مع مفهومنا المجرّد عن الزمن، والأيّام ليس لها تسميات ولا ترتيب. لا يتحدّث النوير عن الزمن كأنّه كينونة بحدّ ذاته، ولا كشيء يحافظون عليه أو يضيّعونه، عوضاً عن ذلك، يترافق الزمن بالنسبة لهم مع نشاطاتهم: يقسّمون السنة إلى أشهر جافّة وأخرى ممطرة، ويميّزون الفصول حسب سقوط الأمطار وأنماط الريح. اسأل نويريّاً في أيّار «ما هو الوقت الآن بالنسبة للسنة؟ وسيجيبك أنّه (عودة العجائز إلى القرى). اسأله السؤال ذاته في كانون الثاني، وسيجيبك أنّه (عودة الجميع إلى مخيّمات الفصل الجافّ)» كما يكتب أنتوني آڤيني في «إمبراطوريّات الزمن». يبدو أنّ المنطق الزمنيّ بالنسبة لهم هو: إن كنتُ ذاهباً للكنيسة فلا بدّ أنّ اليوم أحد، أو: بما أنّ الناس في حالة تنقّل ما بين المخيّم والقرية، إذن لا بدّ أنّه شهر دوات dwat. الفعّاليّاتُ تسود على الزمن بالمعنى الذي نعرفه». هذا أشبه بمُضارِب في وول ستريت يبدأ التداول اليوميّ عندما «يبدأ الموظّفون بالتداول»، أو قطار متّجه إلى شيكاغو ينطلق عندما «يصعد الناس على متنه».

حياة النوير تتمحور حول تركيبتهم الاجتماعيّة، قد لا يعرف الرجال أو النساء أعمارهم الحقيقيّة، لكنّهم قادرون على إخبارنا إلى أيّ فئة عمريّة ينتمون (شباب، مراهقون، عجائز... الخ)، ورغم عدم وجود زمنٍ «يمرّ»

كما نتخيّله نحن، ينتقل النوير من فئة عمريّة إلى أخرى بانقضاء السنين. نظراً لأهميّة العلاقات الاجتماعيّة بالنسبة لهم كما لاحظ إيفانز برتشارد، فهم يهتمّون بالماضي أكثر من المستقبل لأنّ «العلاقات الاجتماعيّة تُفَسَّر من خلال الماضي».

شعب مورسي Mursi في شرق القارّة الأفريقيّة عالقون أيضاً في «توقيت الحدث»، لكن مع نوع من التعديل، إذ إنّهم يتتبّعون أطوار القمر كي يحدّدوا الـ «بيرغو» Bergu أي الشهر الحاليّ. كما عند النوير، كلّ بيرغو يترافق مع حدث معيّن أو نشاط ما: في البيرغو الأوّل يبدأ النهر بالجفاف، البيرغو الثاني هو وقت تنظيف البساتين المحيطة بالنهر، في البيرغو الثالث يجب البدء بزراعة السورغم[1] Sorghum... الخ. بأيّ حال، لا يوجد إجماع بين أفراد القبيلة حول البيرغو الحاليّ، «إن سألت أيّ فرد من شعب المورسي ما هو الشهر الحاليّ» يكتب آڤيني، «سيجيبك على الأغلب أنّ بعض الناس في قريته أخبروه مؤخّراً أنّه البيرغو الخامس، بينما قال له آخرون إنّه السادس»، وقد ينقلب هذا الخلاف حول الشهر الصحيح بسهولة إلى جدال ساخن. فسّر الأنثروبولوجيّون عدم الاتّفاق ذاك في البداية على أنّ المورسي غير مهتمّين بتسجيل الزمن بدقّة، من ثمّ اكتشفوا أنّ الخلاف يحمل بين طيّاته نوعاً من المنطق: في الواقع، إن اتّفق جميع أفراد المورسي على الشهر الحاليّ، سيقعون في مشكلة. البيرغو يرتبط ولو على نحو واهٍ مع الفعّاليّات الموسميّة، ولا بدّ أن يتوافق 12 بيرغو قمريّاً بشكل ما أو بآخر مع السنة الشمسيّة -وهي كما رأينا في الفصل الثاني أطول من 12 شهراً قمريّاً وأقصر من 13، وبالتالي يتوجّب مضاعفة الشهور في النهاية أو حذفها- طريقتهم في حساب الشهور ملائمة أكثر لنمط حياتهم، لأنّهم غير مضطرّين للالتزام حصريّاً ببيرغو معيّن. «بالنسبة للذين يرتحلون باستمرار» يعلّق آڤيني، «ضبطُ الزمن هو عمليّة تفاعليّة، وحوارٌ بين العديد من الأشخاص، يرتكزان على قواعد اجتماعيّة تحفّز اتّفاقاً على عدم الاتّفاق».

1- جنس نباتي من الفصيلة النجيليّة يوجد منه 25 نوعاً تقريباً، يُزرع كحبوب لتغذية الإنسان وتُستخدَم بعض أنواعه علفاً. المترجمة

مثال آخر مثير للفضول هو «الأسبوع» الذي يقيسه شعب أوميدا Umeda، وهم قبائل لا تعيش في أفريقيا وإنّما وسط غينيا الجديدة. الأوميدا كما لاحظ الأنثروبولوجيّ ألفرِد جِلْ، لا يحدّدون الشهور ولا يعرفون كم شهراً في السنة، يقسّمون الفصول تقسيماً تقريبيّاً إلى جافّة وممطرة، وليس لديهم سوق أسبوعيّ ولا يوم عطلة. مع ذلك، كما يقول جِل، الأوميدا يحسبون الأيّام، إذ يمكنهم عدّ سبعة أيّام مستقلّة بالنسبة إلى «اليوم الحاليّ»، ويشيرون إلى يوم معيّن كما يلي:

- اليوم ما قبل يوم ما قبل أمس
- اليوم ما قبل أمس
- أمس
- غداً
- اليوم ما بعد غد
- اليوم ما بعد يوم ما بعد غد.

في «أسبوع الأوميدا» كما يعلّق جِلْ، «اليوم -مجازيّاً- هو دائماً يوم أربعاء». وجد جِل أيضاً ملاحظة توضّح الفرق بين مفهوم الأوميدا عن الزمن ومفهومنا نحن، فهم كما ذكرتُ لا يتتبعون الشهور القمريّة، ولا يعرفون أصلاً أنّ الوقت ثابتٌ بين ظهور هلالين متتالين (9.5 يوماً تقريباً). «برأي الأوميدا، القمر أشبه بدرنة تنمو في حقل، والدرنات قد تنمو ببطء أو بسرعة لأسباب مجهولة» يكتب جِل، «لذلك، ينظر الأوميدا بعين الرضا إلى الهلال المتزايد، وكأنّ البدر المنتفخ هو درنة تنتج صدفةً بضربة حظّ في الزراعة، وليس حدثاً فلكيّاً منتظماً متوقَّعاً!».

عندما يتمّ تحديد الزمن نسبة للأحداث لا للساعات والتقاويم، قد يأخذ ترتيب تلك الأحداث أهميّة كبرى. بالنسبة لشعب اللُو Lou في غرب كينيا، يقف الزمن جامداً -حرفيّاً- إلى أن تقع أحداث معيّنة بترتيب محدّد. «الدور الذي تلعبه الزوجة الأولى في مجتمع اللُو المتعدّد الزوجات هو دور واضح، واضح للغاية» يقول تشاب كوسيمبا، وهو عالم آثار وعلّامة في مجال الثقافة الأفريقيّة القَبَليّة في متحف فيلد، شيكاغو: «يجب أن تكون الزوجة الأولى أوّل من تزرع محاصيلها، وأوّل من تجهّز مزرعتها قبل كلّ الزوجات

الأخريات. كما يجب أن تكون أوّل من تزيل الأعشاب الضارّة، وأوّل من تأكل»، وعلى نحو مشابه، أوّل صبيّ يولد يجب أن «يتزوّج أوّلاً، سواء أعجبه ذلك أم لا... الأمور تتمّ وفق طريقة معيّنة ولا يمكن خرق القاعدة». الفشل في اتّباع تلك القواعد قد يسبّب اضطراباً في النظام الطبيعيّ، ويؤدّي باعتقاد اللُو إلى العقم أو الموت.

في كتابه «الأديان والفلسفة الأفريقية» يقول الفيلسوف والأنثروبولوجيّ جون مْبيتي إنّ العديد من الثقافات الأفريقيّة تتخيّل «ماضياً طويلاً، وحاضراً، لكن لا وجود نظريّاً للمستقبل»، والعديد من لغات شرق أفريقيا التي درسها لا تضمّ «مفردات محدّدة أو تعابير تنقل فكرة المستقبل البعيد[1]». العديد من القبائل تركّز على الأحداث الماضية والأحداث الحاليّة لأنّها «حقيقيّة» كما يشرح مبيتي، ولا يفكّر أفرادها أبداً بالأحداث المستقبليّة، لأنّ تلك الأحداث لا يمكن أن تؤلّف جزءاً من الزمن بما أنّها لم تحدث بعد. «الزمن الفعليّ هو الحاضر والماضي، ويتحرّك نحو الخلف وليس إلى الأمام. الناس لا يفكّرون بما سيحدث في المستقبل بل بشكل أساسيّ، بما وقع سابقاً» كما يقول.

سكّان أمريكا الأصليّون: ظلُّ الزمن

في بعض الثقافات، الزمنُ –كما نفكّر به نحن الغربيّين– بالكاد موجود. في العديد من ثقافات السكّان الأصليّين في أمريكا الشماليّة والجنوبيّة وأستراليا، وبعض المجتمعات في أفريقيا وجزر المحيط الهادئ، لا توجد مفردة واحدة بمعنى «الزمن». أمضى إيڤان تي بريتشارد –الذي ينحدر من شعب الميكماك Mi'Kmaq في شرقي كندا– سنواتٍ وهو يراقب كهول قبيلته. الميكماك يعون تماماً الأحداث المنتظمة المرتبطة بمرور الزمن، لديهم مفردات تعني النهارَ، الليلَ، الشروقَ، الغروب، الشباب، الرُشد،

1- لم تسلم آراء مْبيتي من النقد: إيه. إيه آيود مثلاً يقول إنّ وجهة نظر مبيتي «لا تنطبق ولو من بعيد على قبائل اليوروبا الذين يمتدّ منظورهم الإجماليّ للزمن المستقبليّ إلى ما بعد نهاية هذه الحياة، إلى حياة أخرى بعد الموت»، كما يضيف أنّ اليوروبا يخطّطون باستمرار للحصاد وتخزين الطعام باعتبارهم مزارعين. فالك

والشيخوخة، لكنّهم لا يستعملون مفردة «الزمن» بحدّ ذاتها، كما كتب بريتشارد في كتابه الذي يليق به عنوانه «لا كلمة تعني الزمن»: لا يوجد مفهوم للزمن خارج إطارِ تَجَسُّدِه في الأحداث الطبيعيّة.

لم تحرّض تصوّرات السكّان الأصليّين في أمريكا عن الزمن الجدلَ إلى الحد الذي أثاره مفهوم شعب الهوبي في جنوب غربي الولايات المتّحدة. كتب الإثنوغرافيّون الأوائل الكثيرَ عمّا يفترض أنّه عدم اهتمام شعب الهوبي بالزمن، عالم اللسانيّات الأمريكيّ بنجامين لي وورف درس ثقافة الهوبي ولغتهم دراسة معمّقة في حقبة 1930، واستنتج أنّها «لا تحوي مفردات أو صيغاً نحويّة أو بُنى أو تعابير تشير إلى الزمن أو إلى أيّ من صفاته». عوضاً عن ذلك، يقسّم الهوبي برأيه الوجودَ إلى فئتين عريضتين: تضمّ الأولى كلّ الأشياء الماديّة وكلّ ما تدركه الحواس، أمّا الثانية فتغطّي الجوانب العقليّة والروحيّة. ما ندعوه نحن بـ «الماضي» و«الحاضر» يصنّفونه هم ضمن الفئة الأولى، أمّا المستقبل فيدرجونه في الفئة الثانية. لغتهم غنيّة بالأفعال، لكن لا وجود للصيغ النحويّة لتلك الأفعال كما يدّعي وورف. الدراسات الحديثة شكّكت في صحّة تحليلاته تلك، يجادل ألفرد جِل على سبيل المثال أنّ استخدام الهوبي للأفعال المساعِدة –التعابير التي تشير إلى موقف المتكلّم من مضمون الكلام– يقوم مقام استعمال الأوروبيّين لصيغ الأفعال، كما يستعمل الهوبي على ما يبدو مجازات فراغيّة للتعبير عن الحقائق الزمنيّة. «لغة الهوبي ليست لغة خالية من الزمن أو الصيغ»، يستنتج جِل.

يتّفق المؤرّخ جي جي ويترو مع جِل بأنّ اعتبار شعب الهوبي شعباً يعيش دون زمن كما افترض وورف هو سذاجة، ويذكّرنا أنّ الهوبي: «طوّروا تقويماً زراعياً وطقوسياً ناجحاً يستند إلى تقليد فلكيّ، وهو تقويم دقيق نسبيّاً إذ لا يختلف موعد بعض الأعياد بأكثر من يومين عن التوقيت المُفتَرَض». في الواقع، كان الهوبي جنباً إلى جنب مع جيرانهم الزوني Zuni خبراء بمراقبة الشمس، واستعملوا تقاويم تعتمد على مراقبة الأفق لتتبّع موقع شروق الشمس من فصل إلى فصل، وهو أمرٌ لا غنى عنه من أجل بذر المحاصيل وحصادها في الموعد الملائم.

العودة إلى المستقبل

عندما يتحدّث السياسيّون عن «المضي قدماً» في العراق، نعرف أنّهم يتحدّثون عن المستقبل لا عن الماضي، وعندما تغنّي فرقة تيمبتايشنز Temptations «لا تنظر إلى الخلف» نعرف أنّها تطلب منّا ألّا ننظر إلى الخلف ضمن «الزمن» أي إلى الماضي. هذان المجازان واضحان للغاية لدرجة توحي بأنّهما عالميّان، لكّنهما ليسا كذلك. كمثال، شعب آيمارا Aymara في أمريكا الجنوبيّة الذي يتركّز وجوده في شمال تشيلي بشكل رئيسيّ، لديه طريقة فريدة بربط الزمان مع المكان. في معظم الثقافات، يفكّر الناس بالماضي على أنّه موجود خلفهم أمّا المستقبل فيقع أمامهم، وتنعكس طريقة التفكير هذه في الإيماءات ولغة الجسد التي نستخدمها عندما نشير إلى الماضي والمستقبل. قام الأنثروبولوجيّ رافايل نونيز من جامعة كاليفورنيا في سان دييغو بإجراء العديد من المقابلات المصوّرة مع البالغين من شعب الآيمارا، واكتشف العكس تماماً: الآيمارا يشيرون إلى الأمام عندما يتحدّثون عن الماضي، وإلى الخلف عندما يناقشون المستقبل، وهذا الانقلاب واضحٌ أيضاً في لغتهم: المفردة التي تعني «أمام» (nayra والتي قد تعني أيضاً «عين» أو «أمام» أو «بصر») تُستخدَم كذلك للإشارة إلى الماضي، أمّا المفردة الأساسيّة التي تدلّ على «الخلف» (qhipa التي قد تعني أيضاً «وراء») فتُستَعمل للإشارة إلى المستقبل.

من غير الواضح كيف تطوّرت طريقة تفكيرهم تلك، لكنّ نونيز يلاحظ أنّ الآيمارا يفرّقون بين الأحداث التي شهدوها شخصيّاً بأمّ أعينهم، وتلك التي أخبرهم بها من شاهدوها. هذا التأكيد على «ما يمكن رؤيته» ربّما يفسّر ترابط الماضي -بأحداثه المعروفة المؤكَّدة- مع الاتّجاه للأمام حيث يمكن رؤية الأشياء بوضوح، أمّا المستقبل فهو غير مؤكَّد، ويترابط نتيجة لذلك مع ما يوجد في الخلف ولا تمكن رؤيته. لاحظ نونيز أيضاً أنّ بعض كهول الآيمارا ممّن قابلهم رفضوا النقاش حول المستقبل رفضاً قاطعاً، لأنّ الحديث عن أمور لم تحدث بعدُ عديم المعنى من وجهة نظرهم.

يقول نونيز إنّ هذه الخاصيّة الثقافيّة في طريقها للانقراض ببطء، صحيح

أنّ ملايين الأشخاص ناطقون بلغة الآيمارا، لكنّ استعمالها ينحصر في مرتفعات الإنديز الوسطى، والجيل الجديد الذي يتكلّم الإسبانيّة بطلاقة يتبنّى الأسلوب الغربيّ بالنسبة للإيماءات الجسديّة.

أستراليا: زمنُ الحُلم

لعلّ «زمن الحلم» عند الأستراليّين الأصليّين هو أكثر طرق إدغام الزمن غموضاً. «زمن الحلم» هو عصر ذهبيّ انقضى منذ وقت طويل، لكنّه يدوم للأبد أيضاً. شخصيّات الأسلاف الذين عاشوا في الماضي الغابر لم تختفِ، بل ما تزال متجسّدة في أولئك الباقين على قيد الحياة اليوم. نظام الأستراليّين الأصليّين الاجتماعيّ يعتمد على إعادة التمثيل الطقوسيّ لحياة القاطنين في «زمن الحلم» سواء كانوا بشراً أم حيوانات، وعلى تناقل قصصهم من جيل إلى جيل. الحفاظ على التواصل مع ماضي الأسلاف هو فقط ما يضمن الحياة[1]. نحن الغربيّين نركّز على «التقدّم» و«الغاية» كما يعلّق الأنثروبولوجيّ هاوَرد مورفي، أمّا «مفاهيم الأستراليّين الأصليّين عن الزمن فلا غاية لها بالدرجة الأولى، أو بالأحرى: تكمن الغاية في الحلم، وهو لا نهائيّ وأبديّ من نواحٍ عديدة».

لاحظ عالم الاجتماع مايك دونالدسون أنّه في زمن الحلم «الزمان والمكان والبشر كلّهم واحد. المرء يعرف الزمنَ من خلال المكان الذي يوجد فيه، ومن خلال الأشخاص الذين يشاركونه به». عدم وجود مفردة بمعنى «الزمن» عند الأستراليّين الأصليّين كما يكتب دونالدسون، لا يعني

1- قد يبدو هذا غريباً عن الحياة العلمانيّة في الغرب، لكنّه ليس غريباً عن اللّاهوت الغربيّ. في طقس القربان المقدّس المسيحيّ مثلاً، يعيد المسيحيّون تمثيل عناصر أساسيّة من «العشاء الأخير» –حين تناول المسيح وحواريّوه الطعام معاً للمرّة الأخيرة– وكما يقول أحد الأكاديميّين: «فِعلُ العبادة المسيحيّ هذا، أي الحفاظ على فعاليّة التأثير المخلّص لحدث وقع خارج أسوار القدس عام 29م، يُخلَّد بواسطة الطقوس ويصبح بالتالي متاحاً يوميّاً لأولئك المؤمنين الذين يشاركون في أدائه. في الواقع، وظيفة الطقس هي تحويل حدث محصور في الزمان والمكان إلى حدث مستمرّ كليّ الوجود». فالك

أنّهم لم يقيسوا الوقت: «توقيتهم اليوميّ مقسّمٌ إلى انبلاج الفجر، شروق الشمس، الصباح، منتصف اليوم، بعد الظهر، أواخر بعد الظهر، الغروب، المساء، والليل. يمكن أن يقاس الوقت -كما فعلوا- بواسطة النوم، القمر، أطوار القمر، وبواسطة الفصول».

قد يبدو لنا أنّ مفاهيم الزمن تتنوّع بتنوّع الحضارات على وجه كوكبنا، لكنّها قد تتشابه أكثر ممّا تختلف، وهو ما عبّر عنه ألفرد جِل بقوله: «لا توجد أرض خياليّة يختبر الناس فيها الزمنَ بطريقة مختلفة كليّاً عن طريقتنا، كأن ينعدم وجود الماضي والحاضر والمستقبل، أو أن يقف الزمن جامداً أو أن يدور على نفسه في حلقات أو أن يتأرجح إلى الأمام والخلف مثل نوّاس».

الإغريقيّون: أزمنةٌ متنوّعة

ظهرت في اليونان القديمة مقاربات عديدة لمسألة الزمن، لا مقاربة واحدة فقط، وتطالعنا في كتابات المفكّرين الإغريق جذورٌ لأعمق المسائل التي يتصارع معها الفلاسفة حتّى يومنا هذا. بزغت تلك الأفكار تدريجيّاً انطلاقاً من ملاحم هومر وهزيود. في الواقع، ملحمة «الأعمال والأيّام» التي صاغها هزيود تشبه مفكّرة فلّاح من حقبة 700 ق.م، وهي مبنيّة بوضوح على مفهوم الزمن -رغم أنّ مفردة «زمن» لم تُستعمَل قط- إذ إنّها مليئة بالتعليمات عن موعد زرع المحاصيل وموعد الحصاد، وبإشارات صريحة إلى مجموعات النجوم. وجهة نظر هومر إشكاليّة أكثر: دورات الزمن واضحة على امتداد الأوديسة -بداية كلّ يوم يسبقها قدوم «الفجر ذي الأنامل الورديّة»- ومع ذلك، ينطلق البطل أوديسيوس برحلة تدوم عشرين عاماً دون أن يتقدّم بالسنّ خلال تلك الفترة. على نحو مشابه، زوجته بينيلوب التي تركها في إيثاكا لا تهرم، أمّا ابنه تيلِماخوس فيكبر، وكذلك كلبه الوفيّ آرغوس الذي يشيخ ويموت سعيداً عندما يعود سيّده. بعد عدّة قرون، بدأ الفلاسفة في الحقبة ما قبل سقراط بتفكيك الزمن بحدّ ذاته. بارميندس المولود في مدينة إيليا (حوالي 520–430 ق.م) والذي كان أحد أهمّ المفكّرين في عصره، اعتبر الماضي والمستقبل بمنزلة أوهام، وأصرّ على أنّ العالَم الحقيقيّ أبديّ لا

يتغيّر. وجهة نظره تلك تتناقض تناقضاً حادّاً مع آراء هيراقليط الإفسوسيّ (حوالي 535–475 ق.م)، الذي اعتبر الكون ديناميكيّاً بالفطرة، وعالقاً في عمليّة لا نهائيّة من الخلق والتدمير والتغيّر. سيتحوّل هذا التناقض إلى واحدة من أهمّ المعارك الفلسفيّة حول المفهوم الغربيّ للزمن، كما سيمرّ معنا في الفصول القادمة.

أفلاطون (428–347 ق.م) رأى ارتباطاً بين الزمن والكون بحدّ ذاته، ووصف في محاورة «تيمايَس» Timaeus كيف ينبثق الزمن من الأبديّة. الله كما يستنتج، أبديٌّ ويسعى لجعل الكون أبديّاً، لكن يجب عليه أن يقرّر ما هي صورة أو انعكاس الأبديّة. الخالق برأيه: «قرّر أن يخلق صورة متحرّكة للأبديّة، وعندما رتّب السماوات جعل صورتها أبديّة لكنّها تتحرّك وفقاً للأرقام، أمّا الأبديّة بحدّ ذاتها فهي ترتاح بانسجام، وهذه الصورة هي ما ندعوه نحن بالزمن». أفلاطون يفكّر بالزمن على أنّه نوع من انعكاس حركة «الكرات السماويّة[1]» التي تتعلّق بها الشمس والقمر والنجوم، وهذا المفهوم –أنّ الزمن هو خاصّة من خواص الكون بالأحرى وليس كينونة مستقلّة– ما زال يؤثّر في الفكر الغربيّ إلى هذا اليوم.

أرسطو (384–322 ق.م) وهو تلميذ أفلاطون، اختلف مع أستاذه في العديد من المواضيع، وطبيعة الزمن ليست استثناء. منذ الفقرة الأولى في كتابه «الفيزياء» ندرك أنّنا أمام تحليل عميق: «الخطّة الأفضل هي أن نبدأ بحلّ الصعوبات المرتبطة به، وأن نستفيد من النقاش الحاليّ» يكتب أرسطو، «أوّلاً، هل ينتمي الزمن إلى فئة الأشياء الموجودة أم تلك غير الموجودة؟ وثانياً، ما هي طبيعته؟». بعد شرح مطوّل، يستنتج أنّ الزمن متجذّرٌ في الحركة والتغيّر، ويكون له معنى فقط عندما يُنسَب للأحداث التي يتضمّنها مروره، من ثمّ يبرهن أنّ الزمن والحركة مختلفان لأنّ الحركة «موجودة» في الجسم

1- الكرات السماويّة heavenly spheres نموذجٌ كونيّ آمن به أفلاطون، سقراط، بطليموس، كوبرنيكوس، وغيرهم من الفلاسفة والفلكيّين، اعتبروا فيه أنّ النجوم والكواكب ثابتة في السماء، وفسّروا حركتها على أنّها معلّقة ضمن كرات مكوّنة من عنصر «الأثير» يغلّف بعضها بعضاً، وهذه الكرات هي التي تدور وتحرّك الكواكب. المترجمة

الذي يتحرّك، أمّا الزمن فهو في كلّ مكان. مع ذلك، الزمن والحركة مترابطان لا ينفصمان، «كلّ منهما يعرّف الآخرَ» يقول، «ونحن نقيس المسافة بواسطة الحركة ونقيس الحركة بواسطة المسافة، لأنّنا نقول عن الطريق إنّه طويل إذا كانت رحلتنا طويلة، ونقول إنّ الرحلة طويلة إذا كان الطريق طويلاً. الزمن إذن هو حركة، والحركة هي زمن». أفكاره هامّة، وسيمرّ معنا في الفصول القادمة كيف صبغت بصيرة أرسطو وأفلاطون الجدلَ حول الزمن.

مثلما أوجد الإغريق مفاهيم عديدة عن الزمن، كذلك قاربوا مسألة «كيف بدأ الزمن؟» المزعجة بطرق مختلفة. اشتهر أفلاطون بإيمانه بمملكة من الصيغ الرياضيّة المثاليّة، كما وصفها في «تيمايس»: ظهر العالَم الماديّ إلى الوجود عندما وجدتْ تلك المبادئ الرياضيّة تجسيداً ماديّاً.

أرسطو -وهذا لا يفاجئنا- تطرّق إلى الأمور بشكل مختلف، فقد اعتبر أنّ وصْفَ أفلاطون يتضمّنُ ظهور العالَم إلى حيّز الوجود في لحظة محدّدة من الماضي، وهي برأيه فكرة تقود حتماً إلى التناقض: هل يقترح أفلاطون أنّ الزمن بحدّ ذاته خُلِقَ بشكل ما أو بآخر في «الزمن»؟ سؤال مربك على أقلّ تقدير[1]! إن كان المرء سيتحدّث عن بداية الزمن، كما يبرهن أرسطو، عندها قد يسأل فوراً: ماذا وُجِدَ قبل الزمن؟! فضّل أرسطو أن يفكّر بالعالَم على أنّه أبديّ لا يتغيّر، ليس له بداية في الماضي ولا نهاية في المستقبل.

آنذاك، وُجِد مفكّرون اعتنقوا رؤية دوريّة للزمن تشبه تلك التي تتبنّاها أديان الشرق. الحركة الفكريّة المعروفة بالفلسفة الرواقيّة Stoicism التي بدأت في أثينا على يدّ الفيلسوف زينو من مدينة سيتيوم في القرن الثالث قبل الميلاد، آمنتْ بـ «الدورة العظيمة» (أو «السنة العظيمة») التي ترتبط بمواضع الكواكب في السماء الليليّة: عندما تعود الكواكب إلى المواقع ذاتها تقريباً، يبدأ التاريخ الكونيّ بداية جديدة، وهي فكرة ربّما اقتبستها الفلسفة الرواقيّة عن البابليّين. في تعليقه على وجهة النظر هذه، كتب نِمِسيوس أسقف حمص

1- التفسيرات الأخرى تقترح أنّ وجهة نظر أفلاطون حول أصل الزمن تماثل في الواقع رأي أرسطو. كمثال، ها هو مقطع من محاورة «تيمايس»: «الزمن، إذن، والسماء ظهرا إلى الوجود في اللحظة ذاتها بهدف أن يزولا معاً إن كانا سيزولان، نظراً لأنّهما خُلِقا معاً». فالك

في القرن الرابع الميلاديّ: «سقراط وأفلاطون وكلّ البشر الآخرين سيعيشون من جديد، مع أصدقائهم ومع المواطنين ذاتهم. سيمرّون بالتجارب ذاتها، ويقومون بالنشاطات نفسها، وكلّ حقل وكلّ مدينة وكلّ قرية ستعود كما كانت بالضبط. استعادة الكون بهذا الشكل لا تحدث مرّة واحدة فقط بل مراراً وتكراراً. في الحقيقة، ستحدث إلى الأبد بلا نهاية».

فكرة التكرار الأبديّ كانت مترسخة أيضاً في فكر الإغريق اللّاحقين. في القرن السادس الميلاديّ، شرح الفيلسوف سِمبلسيوس كيف أنّ الفيثاغورثيّين -الذين تجمع فلسفتهم بين الرياضيّات والسحر- اعتنقوا فكرة الزمن الدوريّ. اقتبس سِمبلسيوس من فيلسوف فيثاغورثيّ اسمه يوديموس يبدو أنّه تفكّر بعمق في مسألة التميز بين الأحداث المتماثلة التي تتكرّر، والزمن الذي يتكرّر بحدّ ذاته:

يتساءل المرء إن كانت الأمور نفسها تتكرّر أم لا كما يقول البعض. الآن، نحن نقول عن الأمور إنّها «نفسها» لكن بطرق مختلفة: الأمور المتشابهة بطبيعتها تتكرّر بوضوح -مثل الصيف وبقيّة الفصول والفترات- الحركات تتكرّر بالطريقة ذاتها، لأنّ الشمس تكمل دورتها عبر مواقع الانقلاب الصيفيّ والشتويّ والخريفيّ والربيعيّ، بالإضافة إلى بقيّة الدورات. لكن إن صدّقنا الفيثاغورثيّين واعتبرنا أنّ الأشياء المتماثلة من حيث العدد تتكرّر، هذا يعني أنّك ستجلس هنا وأنا سأتحدّث إليك ممسكاً بالعصا، وهكذا الحال أيضاً مع جميع الأشياء. إذن، من المحتمل أنّ الزمن نفسه يتكرّر أيضاً.

أرسطو على ما يبدو تأثّر كذلك بفكرة الزمن الدوريّ، فقد لاحظ ما يلي: «هناك دورة في كلّ الأشياء التي تتحرّك من تلقاء ذاتها، وتظهر إلى الوجود ثمّ تختفي، وهذا لأنّ تميز كلّ الأشياء يتمّ بواسطة زمنٍ وبدايةٍ ونهايةٍ، وكأنّها مُلزَمةٌ باتّباع دورة، حتّى الزمن نفسه يُعتَقد أنّه دائريّ». في كتابه عن علوم الأرض Meteorologica يتحدّث بصراحة أكثر عن فكرته تلك عندما يشير إلى المعرفة التي تُكتَسب وتضيع ثمّ تُكتَسب مجدّداً في دورات لانهائيّة: «ينبغي القول إنّ الآراء ذاتها ظهرت بين البشر في دورات، لا مرّة واحدة ولا اثنتين ولا مرّات قلائل، بل غالباً إلى ما لانهاية».

ولادة الزمنِ الخطيّ

في بدايات الألفيّة الأولى قبل الميلاد، وبين أفراد مجموعة ثقافيّة معيّنة في الشرق الأدنى القديم، ظهر مفهوم زمنيّ مختلفٌ اختلافاً جذريّاً. بالنسبة لليهود، التاريخ هو عبارة عن تتالٍ لأحداث مميّزة -خَلْق واحد، طوفان واحد، ظهور واحد (في النهاية) للمسيح- تتوالى كلّها وفق خطّة الربّ المقدّسة. هذا المفهوم هو عبارة عن رؤية خطّيّة قَطْعيّة للزمن، وفيها يتقدّم الزمن من الماضي إلى المستقبل ولا يمكن إيقافه، كما أنّه غير قابل للعكس، ويتطلّب بداية محدّدة: حدثَ الخَلْقُ مرّة واحدة فقط، أمّا الأبديّة فهي من اختصاص الربّ، وليست للزمان والمكان.

لا يمكن أن نعزو وجهة النظر هذه إلى الديانة اليهوديّة حصراً. لا شكّ أنّ اليهود اقتبسوا الكثير عن البابليّين الذي آمنوا بأساطير مماثلة عن الخلق، وأنّ أفكاراً مشابهة كانت موجودة أيضاً في الزرادشتيّة (ديانة بلاد فارس القديمة)، لكنّ المسيحيّة الباكرة اختارت أن تتبنّى وجهة النظر اليهوديّة وهي التي شكّلت في آخر المطاف -بالإضافة إلى بعض العناصر الأساسيّة من الفلسفة الإغريقيّة- أساساً للطريقة التي ينظر بها الغرب إلى العالم.

بأيّ حال، لم يتقبّل اللّاهوت المسيحيّ الفلسفةَ الإغريقيّة بالمجمل، بل رفض بعض العناصر، مثل الرؤية الرواقيّة للزمن الدوريّ. في كتابه «مدينة الربّ»، لا يستطيع القدّيس أوغسطين أن يصدّق: «أنّه في هذا العصر، يجلس الفيلسوف أفلاطون في مدينة أثينا، في المدرسة التي تدعى الأكاديميّة، وهو يدرّس طلّابه، ولا أنّه خلال عصور لا حصر لها في الماضي وبفواصل متساوية، أفلاطون نفسه وأثينا نفسها والمدرسة نفسها والطلّاب ذاتهم يتكرّرون، وكأنّ قدرهم هو أن يتكرّروا في عصور لا نهاية لها في المستقبل. معاذ الله، كما أقول، أن نصدّق ذلك الهراء!».

تبنّي الزمن الخطّيّ كان له تأثير عميق دائم على الفكر الغربيّ، كما أنّه مهّد الطريق لفكرة «التقدّم». بالنسبة للمؤرّخ لويس ممفورد، سار الزمن الخطيّ يداً بيد مع تطوّرات موازية في الساعة الميكانيكيّة كما رأينا في

الفصل الماضي. الساعة على حدّ قوله «فصلتِ الزمنَ عن الأفعال البشريّة، وساعدتْ على الإيمان بعالَم مستقلّ يتألّف من تتالي أحداث قابلة للقياس رياضيّاً، أي: عالَم العلم المميّز». مع نهاية القرن السابع عشر، أصبح الزمن كينونة مجرّدة تتقدّم إلى الأمام، دون أن تتأثّر بما يقوم به البشر.

أسلحة، جراثيم، و«ز. س. ت»[1]

انبثقت مع «الزمن الخطيّ» حاجةٌ ملحّة إلى تقسيم الزمن وقياسه، بساعات وتقاويم أكثر دقّة كما رأينا سابقاً. معاً، سيدعم هذان التطوّران العلمَ الحديث والصناعةَ، وسيدفعان البشر -سواء للأفضل أو للأسوأ- إلى ذلك الإيقاع المحموم لعالَمنا التكنولوجيّ الحديث، كما يبدو أنّنا صدّرنا نمط الحياة ذا الإيقاع السريع هذا إلى بقيّة الكوكب دون قصد. في الواقع، استعمال الساعات والتقاويم (خاصّة الغريغوريّ) لقياس الزمن، تغلغل على الأغلب أكثر من بقيّة صادرات الغرب الثقافيّة المعروفة، كاللغة الإنجليزيّة والديمقراطيّة الليبراليّة وموسيقى الروك على سبيل المثال لا الحصر. بالنسبة للأنثروبولوجيّ جون بوسْتِل «زمن الساعة والتقويم» أو ما يشير إليه اختصاراً بـ«ز. س. ت» هو «أكثر صادرات الغرب نجاحاً، ولا وجود لمقاومة ناجحة له[2]» كما يدّعي. «ز. س. ت» يكشف عن نفسه بطرق عديدة، دون الحاجة إلى ساعة حقيقيّة أو تقويم حقيقيّ. التلفاز مثلاً -كما لاحظ الكثير من الأنثروبولوجيّين- يقوم مقامه، البرامج ذات الشعبيّة الساحقة مثل مباريات كأس العالم لكرة القدم، توحّد شعوباً من

1- العنوان مقتبس من كتاب «أسلحة، جراثيم، وفولاذ» 1997 للكاتب جارد دايموند الذي يناقش أهميّة دور هذه العوامل الثلاثة في تشكيل عالمنا، وهو متوافر باللغة العربيّة. المترجمة

2- يقول بوستل: chronoclasm -أي التدمير المتعمّد للساعات والآلات الأخرى المتعلّقة بالزمن- هي كلمة لا وجود لها في القاموس، لكنّ هذه الكلمة تظهر في الأدب الخياليّ. رواية جوزيف كونراد «العميل السريّ» 1907 تتحدّث عن فوضويّ يخطّط لنسف مرصد غرينتش، كما تظهر كذلك في Urban Dictionary ولو بمعنى مختلف: «حالة من الإنهاك العقليّ المؤقّت ناجمة عن اكتشاف المرء أنّ الوقت أو التاريخ الحقيقيّ مختلف كثيراً عمّا يعتقد. فالك

مختلف البلدان في نشاط مشترك (ولو أنّه منفعل passive)، لكنّ كأس العالَم يتطلّب أيضاً من المرء اتّباع برنامج، فالمباريات تُبثّ استناداً إلى «ز. س. ت»، والمشاهدون الذين يتأخّرون عن تشغيل التلفاز ستفوتهم الركلة الافتتاحيّة. إحدى الدراسات بحثت في دخول التلفاز إلى منطقة نائية في اليمن أثناء حقبة 1970، ووجدتْ أنّ وصول التلفاز كان له «تأثير فوريّ على الحياة الاجتماعيّة» كما تقول الباحثة الأنثروبولوجية نجوى عدرا، إذ إنّه «غيّر أنماط العمل والراحة اليوميّة، وبدأ معظم الناس يسهرون كي يشاهدوا البرامج إلى أن تُطفأ المولّدات الكهربائيّة في الساعة 11 ليلاً، ممّا جعلهم يعانون صعوبة في الاستيقاظ صباحاً».

حالة اليابان تثير الفضول على نحو خاصّ، اليابان لا تعتنق زمن الساعة والتقويم فقط، بل ستصبح واحدة من أكثر الأمم استعجالاً على وجه الأرض (كما تعلّق عالمة الاجتماع نيشيموتو إيكوكو: «بقيّة البلدان أُجبِرَتْ على الغربنة، أمّا اليابان فاختارتها طوعاً»). بدأ التغيير عندما ركّزت اليابان على الاستثمار الضخم في قطاع الصناعة أواخر القرن التاسع عشر، وفي عام 1873 تضمّن كتاب مدرسيٌّ دروساً عن قراءة الساعة، كما تأثّرت اللغة أيضاً إذ دخلتها كلمة جديدة هي جيكان Jikan (تعني الوقتَ أو الساعة) التي أزاحت بقوّة كلمة توكي Toki (كانت مستعملة للدلالة على الوقت وفقاً للتقويم القمريّ اليابانيّ التقليديّ)، وبدأ اليابانيّون يتحدّثون عن «فَنْ» fun أي الدقيقة، وعن «بيو» byo أي الثانية. لا مجال للتراجع! اليوم في اليابان، يعدّ القطار متأخّراً إن وصل إلى محطّته المنشودة بعد دقيقة واحدة فقط من الموعد المحدّد، بينما الوقت المكافئ لهذه الحالة في إنجلترا هو عشر دقائق، في فرنسا 14 دقيقة، وفي إيطاليا 15 دقيقة... رغم ذلك، قد تتولّد عن الرغبة بالمحافظة على الجدول الزمنيّ عواقب قاتلة: في عام 2005، حاولت شركة سكك الحديد الوطنيّة أن تعوّض عن تأخير مقداره تسعون ثانية، ممّا تسبّب بحادث راح ضحيّته مئة وسبعة أشخاص. علّق تقرير في نيويورك تايمز آنذاك: «في أي مكان آخر في العالم، يُعتبَر القطار الذي يصل متأخّراً تسعين ثانية أنّه وصل في موعده».

إيقاعُ الحياة

«توقيت الساعة والتقويم» الغربيّ أصبح واسع الانتشار، لكنّ إيقاع الحياة يتفاوت تفاوتاً ملحوظاً بين ثقافة وأخرى كما يلاحظ أيّ سائح. عندما عنونَ الأنثروبولوجيّ كيفن بيرث كتابَه بـ «كلّ الأوقات هي توقيت ترينيداد» 1999، استخدم ببساطة عبارة شائعة في الجزيرة. أن تتأخّر على موعدك ساعة كاملة في البرازيل لا يعدّ أمراً مهمّاً، أمّا إن تأخّرتَ عشر دقائق في نيويورك أو فرانكفورت أو طوكيو فعليكَ أن تبرّر السبب.

لعلّ أوسع دراسة تناولت تلك الاختلافات، هي تلك التي أجراها روبرت ليفاين الأخصائيّ بعلم النفس الاجتماعيّ في جامعة ولاية كاليفورنيا في فريزنو، ونجد نتيجة جهوده التي دامت عقوداً مشروحة في كتابه المكثّف «جغرافيا الزمن» 1997. في إحدى مراحل البحث، استخدم ليفاين وزملاؤه ثلاثة معايير مختلفة لقياس سرعة إيقاع الحياة في 31 بلداً: السرعة التي يمشي بها المارّة في شوارع المدينة، دِقّة الساعات العامّة، والفترة التي يستغرقها موظّفو البريد لتلبية طلب الحصول على طوابع عاديّة. الدول التي احتلّت المراتب الخمس الأولى من حيث السرعة كانت سويسرا، إيرلندا، ألمانيا، اليابان، وإيطاليا، أمّا في أسفل اللّائحة فنجد: سوريا، السلفادور، البرازيل، إندونيسيا، والمكسيك (الولايات المتّحدة حلّت في المرتبة 16، وكندا 17). من الجدير بالملاحظة أنّ الدول «السريعة» هي تلك التي تتمتّع باقتصاد قويّ، أمّا الدول «البطيئة» فهي فقيرة نسبيّاً. لا يتوسّع ليفاين بشرح السبب لكنّه يعلّق: «تميل كلّ من المتغيّرات الاقتصاديّة والزمن لأن يعزّز بعضها بعضاً، كما أنّها تترابط في حزمة واحدة».

في دراسة مماثلة لـ 36 مدينة أمريكيّة، وجد ليفاين (ويا للمفاجأة!) أنّ بوسطن هي الأسرع ولوس أنجلوس هي الأبطأ (مفاجأة أيضاً!)، نيويورك حلّت في المرتبة الثالثة (مدينة بوفالو احتلّت المرتبة الثانية) وكانت واحدة من مدينتين فقط في العالم -الأخرى هي بودابست- قام فيهما موظّفو البريد بإهانة الباحث شخصيّاً.

يشرح ليفاين كيف لفتت نظره في البداية الفروقاتُ الحادّة في الحياة الزمنية، عندما عمل أستاذاً في البرازيل. كان الطلّاب يصلون متأخّرين ساعة كاملة عن

موعد المحاضرة، من ثمّ يبقون ساعة إضافيّة للتعويض بعد انتهائها. الساعات العامّة (وساعات اليد) تبدي تبايناً جنونياً في التوقيت، ومن عادة البرازيليّين أن يعطوا عدّة مواعيد في الوقت نفسه وألّا يلتزموا بأيّ منها. في الهند، أمضى ليڤاين ساعات وهو يقف في الصفّ لشراء تذكرة قطار. السكّان المحلّيّون المعتادون على صفوف الانتظار اللّانهائيّ دعوه ليشاركهم غداءهم على أرض المحطّة، وعندما وصل أخيراً إلى شبّاك التذاكر قال له الموظّفون إنّ القطار امتلأ بالكامل، لكنّه تمكّن من رشوتهم لشراء تذكرة. في النهاية، «انطلق القطار متأخّراً، ووصل متأخّراً، والأمر برمّته لم يكن مهمّاً لأنّ الرجل الذي رتّبتُ موعداً معه وصل متأخّراً أكثر منّي» يكتب ليڤاين. في النيبال، أمضى أربعة أيّام بانتظار موظّفي مكتب الهاتف في كاتماندو كي يتمكّن من إجراء مكالمة دوليّة، جميع من حوله انتظروا فترة مماثلة، ولم يبدُ الانزعاج على أيّ منهم.

ليڤاين حريص مع ذلك على عدم إطلاق أحكام على الثقافات ذات الإيقاع البطيء، وحذّرنا من القيام بذلك: «عندما نعزو تأخّرَ البرازيليّين إلى الإهمال، أو انتباهَ المغربيّين المشتّت إلى قلّة التركيز، سنكون مهملين وضيّقي الأفق من الناحية الإثنيّة في آن واحد»، لكنّه لاحظ أيضاً –على الأقلّ في الولايات المتّحدة– أنّ العديد من الأقليّات تميّز بين إيقاعها الذاتيّ المسترخي وإيقاع الغالبيّة الأنجلو– أمريكيّة المستعجل. «يحبّ الهنود الأمريكيّون أن يتحدّثوا عن الحياة وفق التوقيت الهنديّ» يكتب، «كما يفرّق المكسيكيّون الأمريكيّون بين hora inglesa التي تشير إلى توقيت الساعة الحقيقيّ، وبين hora Mexicana التي لا تهتمّ كثيراً به[1]». في المكسيك،

1- من الواضح أنّه من المقبول بالنسبة للأنثروبولوجيّين وصفُ الفروقات الثقافيّة، لكن حادثة وقعت منذ فترة في كندا تُظهر لنا أنّ إطلاق الملاحظات بإهمال عن تلك الفروقات قد يُعتَبر إساءة، خاصّة إن تمّ توجيهها بشكل شخصيّ إلى الأفراد. في عام 2007 تساءل فنّان من الإنويت هو جوناس فايبر لماذا تقوم «وكالة الريع الكنديّة» بالتدقيق في عائداته الماليّة، وطلب الملفّ الضريبيّ الخاصّ به من خلال مرسوم حريّة المعلومات، لكنّه أصيب بالصدمة عندما قرأ تعليق مدقّق الحسابات الذي تضمّن التصريح التالي: «كما هو مألوف بالنسبة للسكّان الأصليّين، لا يبدي فايبر الإحساس ذاته بالاستعجال مثلنا نحن فيما يخصّ الالتزام بالموعد النهائيّ». وصف فايبر التعليق بأنّه «ينتقص إنسانيّته»، وأرسل شكوى إلى لجنة حقوق الإنسان الكنديّة التي باشرت التحقيق في الموضوع. فالك

واجه ليڤاين صعوبة بترجمة الاستبيان إلى الإسبانيّة، أراد أن يسأل الناس متى «يتوقّعون» وصول شخص ما إلى الموعد المحدّد، ومتى «يأملون» أن يصل ذلك الشخص، وكم «سينتظرون» وصوله، لكنّه اكتشف أنّ اللغة الإسبانيّة تستعمل فعلاً واحداً هو esperar للحالات الثلاث.

في مجتمعات الجني والصيد القليلة الباقية، كتب ليڤاين أنّ إيقاع الحياة قد يكون الأكثر استرخاء على وجه الكوكب. شعب كابوكو الذي يعيش في المرتفعات الغربيّة لغينيا الجديدة لا يؤمن بالعمل يومين متتاليين، أمّا بوشمان الكونغ في أفريقيا الغربيّة فيعملون يومين ونصف اليوم تقريباً في الأسبوع، بمعدّل ستّ ساعاتٍ وسطيّاً في اليوم الواحد. لاحظ ليڤاين كذلك أنّ نمط الحياة السائد أبطأ في البلدان الحارّة: كلّ البلدان البطيئة في دراسته هي دول ذات مناخ مداريّ.

بدأ أسلافنا بقياس الوقت بدافع الحاجة: الزراعة تتطلّب الانتباه للفصول، جني محاصيل وافرة يتطلّب معرفة بالشمس والنجوم وحركاتها المتكرّرة اللّانهائيّة... إلخ، لكنّ قبضة الزمن تجاوزت «الحاجة»، وأثّرت في كلّ مناحي الحياة العامّة والخاصّة. بالنسبة للبعض، كان الزمن كائناً حيّاً ومرناً، بينما دار في دوائر بالنسبة للآخرين في محاكاة لدورات الطبيعة، أمّا الباقون –ونحن منهم– فكان الزمن بالنسبة لهم خطّيّاً، وغيرَ حيّ، ولا يتوقّف.

تدلّ بعض الإشارات على أنّ البعض منّا سئموا ما يحدث، كما يشرح الكاتب كارل أونوريه في كتابه «في مديح البطء» 2004. انبثقت عدّة حركات تدعو إلى «البطء» هنا وهناك في أوروبا وأمريكا الشماليّة –الأكل البطيء، المدن البطيئة، وأجل: الجنس البطيء– مانيفستو «حركة الأكل البطيء» التي ظهرت أوّلاً في إيطاليا يبدأ بـ: «القرن الذي نعيش فيه، والذي بدأ وتطوّر تحت شعار الثورة الصناعيّة، قام باختراع الآلة أوّلاً من ثمّ اعتبرها قدوة له. نحن الآن عبيد للسرعة، وتهاوينا جميعاً فريسة للڤيروس الغادر ذاته: الحياة السريعة». بدأ أونوريه بتأليف كتابه ذاك بعد أن قرأ مقالاً عن سلسلة حكايات خياليّة كلاسيكيّة، تمّ تكثيفها في نسخة طولها دقيقة واحدة من أجل الأمّهات

والآباء الذين هم على عجلة من أمرهم. هلّل للفكرة في البداية، من ثمّ سأل نفسه: «هل فقدتُ عقلي كلياً؟!».

قد يبدو نمط الحياة السريعة مترسّخاً بقوّة، لكنّ الثقافة الغربيّة ليست ستاتيكيّة، والطريقة التي نعي بها الزمن تتطوّر باستمرار. كما أشارت الصحفيّة كايت زيرنِك، استعمال الهاتف المحمول -الذي أصبح القاعدة في الدول الصناعيّة مع نهاية حقبة 1990- يجعل الزمن مضغوطاً أكثر من قبل»، والانضغاط هنا لا يعني البطء وإنّما أنّنا «متّصلون» أكثر ببساطة، وهذا بدوره يغيّر تغييراً جذريّاً طريقةَ إدارتنا للوقت. صحيح أنّ ثقافتنا تركض، تقول زيرنك، لكنّها تحوي جيوباً من «الزمن المعتدل»، خاصّة عندما يخطّط الأصدقاء للنشاطات التي سيقومون بها في المساء أو في عطلة نهاية الأسبوع. «العديد منّا يعيشون في فقاعة، تتبدّل فيها باستمرار توقّعاتنا عمّن سنقابل وأين، لأنّ الناس يتوقّعون أنّه بمقدورهم التواصل مع الآخرين في كلّ الأوقات». وفقاً لزيرنك، «8:30 تُعتَبر 8:00 إن وصل صوتك في الموعد المحدّد -أو متأخّراً بضع دقائق- كي تقول إنّك غير قادر على الوصول إلى مكان اللقاء المفترَض في الساعة المتّفق عليها» (أيّها المذنبون بارتكاب هذا، ارفعوا أيديكم جميعاً!). إحدى الدراسات كما تقول زيرنك، استنتجتْ أنّ: «الولايات المتّحدة أصبحت مثل البرازيل، حيث الوقت أشبه بإسفنجة منذ أجيال»، ولكن من ناحية أخرى: «في البرازيل اليوم، يشتكي الناس المعتادون على الوصول متأخّرين، من أنّهم أصبحوا مضطّرين للاتّصال كي يشرحوا سبب التأخير».

هل ولع الغرب بحشو المزيد والمزيد من الفعّاليّات في كلّ لحظة زمنيّة، مرتبطٌ بشكل أيّاً كان مع الاختلاف الكبير الذي استطلعناه في التقاليد غير الغربيّة؟ ربّما. دورات الزمن اللّانهائيّة في الأديان الشرقيّة، والوعد بالخلاص من الزمن عبر الاستنارة، يمثّلان استراتيجيّة واحدة لتحدّي حتميّة الموت. من المحتمل أنّ رغبتنا نحن الغربيّين بأن نعيش كلّ لحظة إلى أقصاها تنبع جزئيّاً عن شكّ مُلحّ، هو أنّنا «نعيش مرّة واحدة فقط» في عالَمنا العلمانيّ.

* * *

إصرارُ الذاكرة[1]

جسرٌ عبرَ الزمنِ

– مساوئ الذاكرة هي محاسنها في آن واحد، وهي عناصر لجسر يمتدّ عبر الزمن، ويسمح لنا بربط العقل مع العالَم.

• دانيل شاكتر

– أن نفكّر يعني أن ننسى

• خورخيه لويس بورخيس

كيف لكتلة وزنها ثلاثة باوندات من المادّة الرماديّة الطريّة داخل رؤوسنا، أن تعي مرور الزمن؟! قبل أكثر من ثلاثمئة سنة، فكّر العالِم الإنجليزيّ روبرت هوك –وهو معاصر لنيوتن– بهذه المشكلة تحديداً:

«أتساءل بأيّ حاسّة من حواسنا نعرفُ الزمنَ؟ كلّ المعلومات التي نتلقّاها من حواسنا لحظيّةٌ، تدوم فقط بقدر ما تدوم الانطباعات التي يتركها الجسم الذي يؤثّر فيها. بالتالي، تلزمنا حاسّة تفهم الزمن، لأنّنا ندركه رغم ألّا حاسة من حواسّنا ولا كلّها مجتمعة، تزوّدنا به».

لا توجد حتّى اليوم إجابة بسيطة لسؤال هوك، رغم التكهّنات العلميّة التي لا حصر لها، والأبحاث العلميّة المتحمّسة التي ظهرت في العقود القليلة الماضية على وجه التحديد.

1- عنوان الفصل مأخوذ من لوحة لسلفادور دالي تحمل الاسم نفسه. المترجمة

من المعروف في البيولوجيا منذ زمن طويل، أنّ جسم الإنسان يستجيب لإيقاع بيئته الطبيعيّة، وكذلك النباتاتُ والحيواناتُ. ميدان البيولوجيا الزمنيّة Chronobiology الذي يزدهر تدريجيّاً، تصدّى لمهمّة فحص استجابات الجسم لتلك الإيقاعات في حالتي الصحّة والمرض. أشهر تلك الإيقاعات هي تلك التي تتأرجح في دورة يوميّة: نبض القلب، الاستقلاب، الهضم، والعديد من الوظائف البيولوجيّة الأخرى التي تبدو متزامنة مع الدورة الطبيعيّة للنهار والليل. تُدعى هذه الإيقاعات بـ«الإيقاعات اليوميّة[1]» Circadian rhythms التي تشتقّ من كلمتين لاتينيّتين: Circa وتعني «حَوْل»، و diem بمعنى «يوم». العديد من الدورات الأخرى تتبع نظاماً أطول أو أقصر.

من ثمّ، هناك مسألة الدماغ بحدّ ذاته. الدماغ هو عضو الوعي، نعرف أنّه يضمّ 100 مليار خليّة عصبيّة تقريباً تدعى بالعصبونات أو النورونات neurons –هذا العدد يساوي بالصدفة عدد النجوم في مجرّة نموذجيّة!– كما نعرف أنّ كلّ عصبون قادر على تشكيل عشرة آلاف اتّصال مشبكيّ مع العصبونات الأخرى، وبواسطة هذه الاتّصالات يقوم الدماغ بـ... حسناً، كلّ شيء! فرانسيس كريك، الذي شارك باكتشاف بُنية الـ DNA، أطلق على ما سبق اسم «الفرضية المدهشة»: هذا البحر من الفعاليّة العصبونيّة يزوّدنا بالإحساس بذاتنا، وإدراكنا للعالَم، ووعينا، وهذا يشمل افتراضياً إدراكنا لمرور الزمن.

لطالما تساءل علماء النفس وعلماء الأعصاب عمّا إذا كانت هناك «ساعة داخليّة» ضمن الدماغ، أي آليّة ما تسمح له بتتبّع الزمن، لكنّهم يشكّكون الآن بوجود تركيب دماغيّ خاصّ وحيد يقوم مقام الساعة[2]. عوضاً عن ذلك، يبدو أنّ وعينا بمرور الزمن يتوزّع على العديد من المناطق الدماغيّة، وكلّ منها لها طريقتها الخاصّة بتسجيل المعلومات عن الفترة الزمنيّة ونتائجها.

«العديد من الأنماط السلوكيّة المعقّدة عند الإنسان –فهمُ الكلام، لعبة

1- يدرك معظمنا كيف تضطرب هذه الإيقاعات بسهولة، مثلاً عندما نضطرّ للعمل ليلاً، أو عندما نشعر بإرهاق السفر التالي لقطع عدّة مناطق زمنيّة. فالك

2- هناك مناطق معيّنة في الدماغ وظيفتها تنظيم الإيقاعات اليوميّة، أهمّها هي «النواة ما فوق التصالب البصريّ» Suprachiasmatic nucleus قرب قاعدة الدماغ. إن قمنا باستئصالها من أدمغة الفئران، ستختلّ إيقاعاتها اليوميّة. فالك

الالتقاط، الموسيقى... الخ- تعتمد على قدرة الدماغ على معرفة الوقت بدقّة»، يقول دين بونومانو من معهد جامعة نيويورك - لوس أنجلوس لأبحاث الدماغ، «لكن لا أحد يعرف كيف يقوم الدماغ بذلك». عالمان بارزان آخران من علماء النفس هما توماس سادِنْدُورف ومايكل كورباليس -سنقرأ عنهما أكثر بعد قليل- يشتركان مع بونومانو بذلك الإقرار الحزين: «كيف للساعات الدماغيّة الداخليّة، وشيفرات الأوامر، أو أيّ عمليات أخرى تتمّ في الدماغ أن تكون مسؤولة عن ظهور مفهوم البُعد الزمنيّ عند الإنسان البالغ؟ إنّه أمر ما يزال غامضاً!».

تكمن المشكلة في أنّ دراسة الزمن ضمن الدماغ، هي حقل جديد نسبيّاً يتقاطع مع العديد من التخصّصات، ممّا يدغم الحدود بين الكثير من مجالات الدراسة الأضيق، ومن بينها: الفيزيولوجيا الكهربائيّة Electrophysiology (دراسة الخواصّ الكهربائيّة للخلايا والأنسجة الحيّة)، والفيزياء النفسيّة psychophysiology (دراسة العلاقة بين المحرّضات الفيزيائيّة، واستجابتنا الشخصيّة لها). التقنيات الحديثة في تصوير الدماغ والنماذج التي يحاكيها الكمبيوتر تلعب دوراً في تلك الدراسة، وبكلمات عالِم البيولوجيا العصبيّة ديڤيد إيغلمان: «هذه الحقول الجديدة تسهم تدريجيّاً بتركيب صورة عن كيفيّة قيام الدماغ بتحليل الزمن، وتَعَلُّمِه، وتلقّيه».

حرّضت بضعة أسئلة ضخمة عدداً من الأبحاث: كيف يقوم دماغنا بترميز المعلومات وفكّ ترميزها، عندما تتدفّق المعلومات إليه مع مرور الزمن؟ كيف تُنسَّق الإشاراتُ الواردة من مناطق دماغيّة مختلفة بعضها مع بعض، خلال فواصل زمنيّة قصيرة؟ هل يعكس إدراكنا للفترات الزمنيّة العالَم الخارجيّ بدقّة؟ ما هي العوامل التي تؤثّر في أحكامنا الزمنيّة؟ «رغم أهميّة السلوك وتلقّي المعلومات» يقول إيغلمان، «ما يزال الأساس العصبيّ لإدراك الزمن مشوباً بالغموض».

شيئاً فشيئاً، بدأنا نكتشف كيف يقوم الدماغ بتفسير الزمن. هناك وظيفة واضحة من وظائف الدماغ وبالأحرى وظيفة كبرى، يبدو أنّ الزمن يلعب بالنسبة لها دوراً مركزيّاً: الذاكرة. في الواقع، وصل روبرت هوك باستنتاجاته إلى اعتبار الذاكرة بمنزلة «العضو» الذي نتلقّى الزمن بواسطته:

«آخذين هذا بعين الاعتبار، أقول إنّه من الضروريّ افتراض وجود عضو آخر مهمّ لفهم الانطباعات الزمنيّة، وأعتقد أنّ هذا العضو هو ما ندعوه عموماً بالذاكرة، التي... أفترض أنّها عضو مثل الأذن أو العين أو الأنف بالضبط، تتوضّع في مكان ما قرب الموقع الذي تتلاقى فيه الأعصاب القادمة من الحواس الأخرى».

لا يعتبر علماء الأعصاب المعاصرون الذاكرة عضواً، بل عمليّة أو مجموعة من العمليّات، وتبيّن أبحاثهم مقدار تعقيد وتنوّع أنظمة الذاكرة في الدماغ. علم الذاكرة هو موضوع هائل، وضخم جدّاً بالنسبة لفصل ضئيل في كتاب، لذلك عوضاً عن تلخيص ما توصّل إليه الباحثون حول عمل الذاكرة، سأركّز حصريّاً على تلك الوظائف التي توضح كأفضل ما يكون الصلاتِ بين الذاكرة والزمن.

نتذكّرُ الماضي، نتخيّلُ المستقبلَ

هل تستطيع أن تتخيّل المنزل الذي ترعرعتَ فيه؟ إن أغمضتَ عينيكَ، هل تستطيع أن تتخيّل نفسك وأنتَ تمشي عبر غرفة الجلوس إلى المطبخ؟ وماذا عن أحداث طفولتك مثل اللهو بدميتكَ المفضّلة، أو الاحتفال بعيد ميلاد؟ أنت قادر غالباً على استعادة ذكريات من هذا النمط دون عناء، -حتّى ولو كانت ذاكرتك عاديّة- وربّما بأدقّ تفاصيلها. يُطلق علماء النفس على هذه الذاكرة اسم «ذاكرة الأحداث» Episodic memory، وهو مصطلح ابتكره عالم الأعصاب الكنديّ إنْدِل تولْفنغ في بدايات حقبة 1970. ماذا عن النظر عبر الزمن باتّجاهات أخرى؟! هل تستطيع تخيّل أحداث ستشارك بها في المستقبل، كالذهاب إلى المتجر غداً، أو قضاء عطلة في مكان دافئ في الشتاء القادم؟

في الحقيقة، نحن بارعون بعمليّة إسقاط خيالاتنا على الزمن، إذ نقوم ذهنيّاً باستعادة صور تترافق مع أحداث من ماضينا، أو مع أمور نتخيّل حدوثها في المستقبل. كثيراً ما يستغلّ الروائيّون هذه النقطة، الأحداث في رواية ڤيرجينيا وولف «مسز دالاواي» مثلاً تحدث خلال يوم واحد، لكنّها تمتدّ

عبر عقود عديدة في ذهن الشخصيّة الرئيسيّة. نحن بارعون بذلك الإسقاط، ويمكننا أن نقفز ذهنياً إلى الخلف عبر العصور: يمكنك أن تتخيّل أحداثاً وقعت قبل ولادتك بفترة طويلة، ويمكنك أيضاً -رغم أن هذا أصعب- أن تتخيّل ما سيحدث في المستقبل البعيد، بعد زمن طويل على موتك. يطلق علماء النفس وأخصائيّو العلوم الإدراكيّة cognitive sciences على هذه المقدرة المميّزة اسم: «السفر ذهنيّاً عبر الزمن»[1]، وهي تُعرّف عموماً بأنّها اجتماع «ذاكرة الأحداث» مع المقدرة على توقّع الأحداث المستقبليّة. لو لا «السفر ذهنيّاً عبر الزمن»، لما كان هناك تخطيط ولا عمران ولا حضارة، ولولا القدرة على تخيّل المستقبل لما كان لحضارتنا وجودٌ.

من المؤكّد أنّ البشر ماهرون بالسفر ذهنيّاً عبر الزمن، وهي عمليّة تنطوي على أبعاد كثيرة نتمنّى أن نفهمها: هل تستطيع الحيوانات القيام بها؟ إن كان الجواب لا، إذن متى ظهرت هذه المقدرة أثناء تطوّر أشباه الإنسان hominid؟ ولماذا؟ في أيّ مرحلة من مراحل الطفولة تظهر؟ كيف تفسّر لنا الطريقةَ التي نتخيّل بها مرور الزمن، أو طبيعة الزمن بحدّ ذاتها؟

إنْدِل تولْفنغ -وهو في الثمانين من عمره الآن- تقاعد من عمله في جامعة تورنتو، لكنّه يعمل في برنامج للأبحاث ضمن معهد بايكريست روتمان الموجودِ في الطرف الشماليّ للمدينة. يتركّز اهتمامه حاليّاً على الذاكرة، لكنّه لم يتخلّ عن الأسئلة العميقة حول طبيعة الواقع Reality. في شبابه، كانت اهتماماته «فلسفيّة» كما يقول، لطالما «تساءل عن أمور مثل الزمن، وكيف بدأ، وماذا كان هناك قبل أن يوجد؟». يشير تولْفنغ إلى أنّ هناك الكثير من المفاهيم الخاطئة حول الذاكرة والزمن، أبرزها الاعتقاد بقوّة الترابط بينهما. نحن واعون لمرور الزمن باستمرار كما هو واضح، والذاكرة باعتقادنا هي الوسيط الذي نتعامل من خلاله مع ذلك المرور،

1- لا تخلطوا بينه وبين السفر جسديّاً عبر الزمن، وهو الذي سنتناوله بإسهاب في الفصل الثامن. بالصدفة، عندما ننخرط في «السفر ذهنيّاً عبر الزمن» فنحن ننخرط أيضاً في «السفر ذهنيّاً عبر المكان»، إن ترعرعتم في مدينة أخرى، تذكّرُ الطفولة سيتضمّن القفز ذهنيّاً عبر المكان بالإضافة إلى الزمان، لكنّ «السفر ذهنيّاً عبر الأمكنة» غير موجود في الأدبيّات العلميّة. فالك

لكنّ عقوداً من أبحاثه بيّنت أنّ هذا غير صحيح: «أغلب أنماط الذاكرة الموجودة عند الإنسان وعند الحيوانات أيضاً، لا علاقة لها بالزمن» يقول، معظم مظاهر الذاكرة –القدرة على تعلّم مهارة جديدة، أو تذكّر واقعة ما على سبيل المثال– تعمل حصريّاً ضمن «هنا» و«الآن». مع ذلك، هناك استثناء مهمٌّ وهو ذاكرة الأحداث episodic memory التي يعتقد تولْفنغ أنّها خاصّة بالبشر فقط، وأنّها تهبنا القدرة على النظر خلفاً في الزمن بواسطة مخيّلتنا، كي نزور أيّ حدث نختاره.

بدأ علماء النفس باستقصاء الصلة بين ذاكرة الأحداث، والقدرة على السفر ذهنيّاً عبر الزمن، قبل عقود قليلة فقط، وتوصّلوا إلى فرضيّات عن الكيفيّة التي مكّنت البشر من امتلاك هاتين المقدرتين، وكيف بلغتا هذا المستوى من التعقيد. تولْفنغ، الذي أمضى قرابة نصف قرن بدراسة ذاكرة الأحداث، كان بين أوائل من استعملوا تعبير «السفر ذهنيّاً عبر الزمن»، وهو يؤكّد أنّ ذاكرة الأحداث تبدو حقيقيّة بالنسبة للشخص الذي يتذكّر (أي المتذكِّر حسب تعريفه): يشعر المتذكِّر أنّها إعادة دقيقة (أو مُحتَمَلة للغاية على الأرجح) لحدث ماضٍ، أي لجزء من تاريخه الشخصيّ الفريد من نوعه. صاغ هذه الفكرة في كتابه «عناصر ذاكرة الأحداث» 1983 بالشكل التالي: «التذكُّرُ بالنسبة للمتذكِّر هو سفرٌ ذهنيّ عبر الزمن، ونوع من أن يعيش من جديد أمراً ما وقع في الماضي».

سبق أن التقينا لقاء موجزاً بعالمين آخرين من نصف الكرة الأرضيّة الجنوبيّ، درسا السفر ذهنيّاً عبر الزمن وأسهما بعدد من أبرز الأبحاث: توماس سادندورف من جامعة كوينلاند في أستراليا، ومايكل كورباليس من جامعة أوكلاند في نيوزيلاندا. يصرّ العالمان على أنّ المقدرة على السفر ذهنيّاً عبر الزمن، هي ما أعطت أسلافنا تفوّقاً لا يُقدَّر بثمن في الصراع من أجل البقاء، كما يعتقدان أنّ هناك ترابطاً وثيقاً بين تذكّر الماضي وتخيّل المستقبل، فعمليّة التذكّر بحدّ ذاتها تقدّم «الموادّ الخامّ» الضرورية لتركيب سيناريو منطقيّ عن الأحداث المستقبليّة، والتصرّف بناء عليه. السفر ذهنيّاً عبر الزمن «يضمن مرونة سلوكيّة متنامية للتصرّف في الحاضر بطريقة ترفع فرص البقاء في المستقبل» كما يقولان. إن صحّت فرضيّتهما تلك، سيكون

السفر ذهنياً إلى الماضي -أي التذكّر- «عاملاً مساعداً لقدرتنا على تخيّل السيناريوهات المستقبليّة». تولفنغ يوافقهما الرأي بقوله: «ما هي الفائدة من معرفة ماذا حدث في الماضي؟ لماذا نكترث بها؟ أهميّتها تكمن في أنّنا نتعلّم منها درساً، إذ لربّما تتعلّق فائدتها بالنسبة للتطوّر بالمستقبل، لا بالماضي». يؤكّد علماء الأعصاب المعاصرون على ذلك المنحى في التفكير المنطقيّ. برأي دماغنا، فِعْلُ التذكّر شديد الشبه في الواقع بفعل تخيّل المستقبل، ممّا يبدو غريباً نوعاً ما في البداية. ملكة القلوب في قصّة لويس كارول «عبْرَ المرآة» كانت تتذكّر المستقبل وليس الماضي، وهو أمر سخيف بالنسبة لنا، خصوصاً لأنّنا نعتبر «الذاكرة» و«الماضي» مرتبطين على نحو لا ينفصم، ويشتركان بالقليل جدّاً، أو بلا شيء على الإطلاق، مع المستقبل. نحن لا «نتذكّر» المستقبل بل نتخيّله، لكنّنا نفعل ذلك بطريقة تماثل إلى حدّ بعيد محاولتنا لتصوّر أحداث الماضي. دراسة صور الدماغ تُظهر أنّنا في كلتا الحالتين -التذكّر والتخيّل- نستعمل المناطق الدماغيّة نفسها الموجودة في الفصوص الدماغيّة الجبهيّة والصدغيّة.

دانيل شاكتر، وهو عالم نفس في جامعة هارفارد، نشر مؤخّراً مقالاً في مجلّة نايتشر ريفيوز / علوم الأعصاب Nature Reviews قال فيه إنّ الدماغ أشبه بـ«عضو مستقبليّ بشكل أساسيّ، مصمّم لاستعمال معلومات من الماضي والحاضر بهدف توليد توقّعات عن المستقبل. أمّا الذاكرة، فهي بمنزلة أداة يستعملها الدماغ المستقبليّ لتوليد سيناريوهات تحاكي الأحداث المحتملة في المستقبل».

عندما التقيتُ شاكتر، شرح لي أنّ فرضيّته تلك هي طريقة جديدة لتفسير وظيفة الذاكرة، وقد تساعدنا في فهم سبب وجودها. «نحن نميل للتفكير بالذاكرة وكأنّها متعلّقة بالماضي بالدرجة الأولى» قال، «قد يكون أحد أسباب امتلاكنا لها هو أن نشعر بشعور دافئ عندما نستغرق بالتفكير في الماضي أو ما شابه، لكنّني أظنّ أنّنا نهمل دورها في جعلنا قادرين على التنبّؤ بالمستقبل ومحاكاته».

تخيُّلُ المستقبل يتطلّب منّا عدّة خطوات: علينا أن نستخدم جزءاً آخر من نظام الذاكرة في دماغنا يُعرف بـ«الذاكرة الدلاليّة» Semantic memory

-وهي معرفتنا العامّة بالوقائع المتعلّقة بالعالَم- كي نؤسّس إطاراً للمشهد الذي نتخيّله (لن تكونوا قادرين على تخيّل أنّ رحلة إلى فرنسا قد تتضمّن الإقامة في باريس، ما لم تتذكّروا أنّ باريس تقع في فرنسا). بأيّ حال، علينا أن نستخدم كذلك «ذاكرة الأحداث» Episodic memory، وهو ما قد يكون الجزء الأهمّ: العطلة التي نتخيّلها ستستند إلى ذكرياتنا عن عطلات حقيقيّة قضيناها في الماضي، بما فيها الفنادق والمطاعم الحقيقيّة... إلخ، وهي ذكريات خاطئة عادةً كما سنرى بعد قليل، ربّما لأنّ الهدف الرئيسيّ منها ليس له علاقة باستعادة الماضي على نحو دقيق. ذاكرة الأحداث كما يقترح سادندورف وكورباليس، قد تكون «جزءاً من مجموعة أدوات عامّة تسمح لنا بالهروب من الحاضر، وتطويرِ بصيرة، وربّما خلقِ شعورٍ بالهويّة الشخصيّة». في الواقع، سادندورف وكورباليس يعتقدان أنّ ما نفكّر به تقليدياً على أنّه الدور الرئيسيّ للذاكرة (أي قدرتنا على تركيب الماضي) هو مجرّد «مظهر أساسيّ لقدرتنا على تصوّر المستقبل».

هناك عدّة ملاحظات تدعم ذلك الطرح: وجد علماء النفس أنّ تخيّل حدثٍ في المستقبل البعيد أصعب من تخيّل آخر سيحدث قريباً، تماماً مثلما تذكُّر أمرٍ وقع في الماضي البعيد هو أصعب من تذكّر شيء أحدث منه، كما أنّنا نفقد «الاتّجاهين» كليهما معاً، فعندما نتقدّم بالعمر تضمحلّ قدرتنا على استخدام ذاكرة الأحداث، وكذلك قدرتنا على تصوّر المستقبل.

من الجدير بالذكر أنّ المرضى الذين يعانون أنواعاً معيّنة من فقدان الذاكرة وخسروا قدرتهم على تذكّر الماضي، سيفشلون في تصوّر المستقبل. حالة المريض المعروف بـK.C في ميدان علم النفس هي حالة مؤثّرة: K.C هو رجل من تورنتو أخضعه تولفنغ وآخرون لدراسة مكثّفة امتدّت سنوات، بعد أن تعرّض لحادث درّاجة ناريّة في شبابه عانى على إثره من أذيّة دماغيّة شديدة بسبب إصابة رأسه، كما فقد ذاكرة الأحداث كليّاً. من نواحٍ عديدة، سلوك K.C طبيعيّ للغاية، يمكنه أن يلعب الشطرنج ويعزف البيانو، وهما مهارتان تعلّمهما قبل الحادث تعتمدان على نوع ثالث من منظومات الذاكرة هو «الذاكرة الإجرائيّة» Procedural memory، كما يمكنه أن يتجوّل في الحيّ الملاصق لمنزله دون أن يتوه. ذاكرته الدلاليّة وقدرته على استخدام اللغة لم تتأثّرا، لكنّ

«ذاكرة السيرة الذاتيّة» Autobiographical memory -أي قصّة من يكون- هي المفقودة، K.C لا يتذكّر أحداثاً شخصيّة من ماضيه، ولا يستطيع أن يخبرنا ماذا فعل البارحة، ولا عمّا سيفعله غداً. ببساطة، يصبح عقله «فارغاً» تماماً عندما يحاول الإجابة عن هذه الأسئلة. وصف أحد علماء النفس حالته على النحو التالي: « K.C متجذّر كليّاً في الحاضر، وغير قادر مطلقاً على التحرّك معرفيّاً للخلف وللأمام ضمن الزمن». تكمن المفارقة بلا شكّ في أنّ K.C غير واعٍ لمحنته، المرء على حدّ قول شاكتر هو «مجرّد قشرة إنسان، أو كِسرة منه، عندما يصبح أسير اللحظة الراهنة»، والتواجد في مثل هذا الوضع «يؤثّر تأثيراً هائلاً على إحساس الشخص بذاته». رغم ذلك، قيّم K.C مستوى سعادته بـ 4 من 5.

E.P هو مريض آخر من سان دييغو يعاني حالة مماثلة. قبل خمسة عشر عاماً، دمّر مرضٌ إنتانيّ جزءاً كبيراً من الفصّين الصدغيين في دماغه، فنسي ماضيه، ولم يعد قادراً على تشكيل ذكريات جديدة. يقدّم الكاتب جوشوا فوير وصفاً مؤثّراً للحالة في مقال نشرته ناشيونال جيوغرافيك: «دون ذاكرة، خرج E.P تماماً من الزمن. ليس لديه تيّار مستمرٌّ من الوعي، وإنّما قطيراتٌ تتبخّر على الفور... إنّه عالقٌ في ليمبو الحاضر الأبديّ، بين ماضٍ لا يستطيع تذكّره ومستقبلٍ لا يستطيع التفكير فيه، وهو يعيش حياة خاملة... إنّه محاصَر في كابوس الوجود الأبديّ المطلق، ولا يرى واقع حياته». ابنة E.P تقول إنّ والدها «سعيد طيلة الوقت، سعيدٌ للغاية. أظنّ أنّ ذلك مردّه إلى انعدام الضغوطات في حياته».

جميعنا نعزو قيمة ضخمة للذاكرة، لكنّ لحظة محدودة من النسيان قد تماثلها في القيمة.



خططُ الآيب[1]

هل تنحصر القدرة العقليّة على السفر عبر الزمن بالبشر فقط؟ خلال العقود الماضية، افترضت دراسات عديدة أنّ الحيوانات عالقة فعليّاً في الحاضر، ولا تمتلك قدرة على تخيّل الماضي أو المستقبل[2]. تولڤنغ على سبيل المثال صرّح: «تذكّر أحداث الماضي هو تجربة مألوفة فريدة من نوعها، كما أنّها خاصّة بالإنسان»، لكنّ أبحاثاً أحدث درست الآيب Apes وبعض أنواع الطيور والحيوانات الأخرى عارضتْ وجهة النظر تلك، رغم أنّ استنتاجاتها ما زالت موضع جدل. أشهر دراسة استقصت القدرات المعرفيّة للحيوانات، هي تلك التي تناولت استخدام اللغة عند ثدييّات الآيب العليا. استناداً إلى سادندورف وكورباليس، تلك المخلوقات لا تتواصل لغويّاً بأيّ طريقة توحي بأنّها تتذكّر حدثاً ماضياً. على سبيل المثال، كانت أنثى شمبانزي اسمها بانزي قادرة على التواصل حول موقع طعام مخبّأ -يمكنها أن تقود إنساناً إلى ذلك الموقع- لكنّ هذا «لا يثبت أنّها تتذكّر فِعلَ إخفاء الطعام بحدّ ذاته، مثلما نتذكّر نحن مكان مفاتيح السيّارة دون أن نتذكّر فِعلَ وضعها في ذلك المكان» يكتب العالمان، فالمُخرَجات اللغويّة للآيب المُدَرَّبة كما يعتقدان «لا تتضمّن تقارير عن السفر في رحلة الذاكرة، ولا تقدّم دليلاً على السفر ذهنيّاً عبر الزمن. ثدييّات الآيب لا تستخدم صيغاً نحويّة للأفعال، ولا ما يوحي بأنّها تروي قصصاً عن أحداث سابقة، ولا عن أخرى مرتقبة». حيوانات الشمبانزي الحرّة في البريّة تبدي أدلّة أقوى

1- Apes نوع من الرئيسيّات من فصيلة Hylobatidae (تضمّ الجيبون) وفصيلة Hominidae (تضمّ الشمبانزي، البونوبو، الغوريلا، الأورانجوتان، والإنسان الذي افترق عن الأنواع السابقة تطوريّاً قبل حوالي 6 ملايين سنة)، تمتاز عن القرود بأنّها عديمة الذيل، تمتلك زائدة دوديّة، يمكنها أن تمشي منتصبة على قدمين، وأدمغتها أكثر تعقيداً. المترجمة

2- بالطبع، يبدو أنّ العديد من الحيوانات تخطّط للتغيّرات الموسميّة في بيئتها: السناجب تدفن مؤونة من الجوز، الدببة تخلد للسبات الشتويّ، الطيور تهاجر... بأيّ حال، تُعتَبر هذه الفعاليّات عموماً غريزيّة (أي لا يمكن للحيوان أن ينساها)، وليست مثالاً على السفر ذهنيّاً عبر الزمن. فالك

على البصيرة والتخطيط، فهي تصنع «رماحاً» من الأغصان في موقع ما، ثمّ تستخدمها لجمع النمل الأبيض في موقع آخر، كما تنقل الحجارة من مكان إلى مكان جديد، كي تستخدمها هناك لتكسير الجوز. مع ذلك، ينبغي علينا أن نتوخّى الحذر عند تفسير هذه المشاهدات، استخدام الأدوات بحدّ ذاته ليس دليلاً على التخطيط كما ينبّهنا عالم الإدراك المعرفيّ دانيل بوڤينيللي، وهو مدير «مجموعة التطوّر الإدراكيّ» في جامعة لويزيانا. هل تتأمّل تلك المخلوقات حقّاً ما سيحصل في المستقبل؟ «إنّها تفكّر» يقول بوڤينيللي، «لكن بماذا تفكّر؟!»، السؤال الأبرز هنا هو: هل تتخيّل حيوانات الشمبانزي صيدَ النمل الأبيض أو جلسة لتكسير الجوز في المستقبل، أم أنّها تعمل فقط لتخفيف الجوع الذي تشعر به؟! يجادل سادندورف وكورباليس أنّ «توقّعاتِها لا تتجاوز سياق الحاضر»، وبالتالي لا يمكن اعتبارها سفراً ذهنيّاً عبر الزمن.

طيور، أدمغة، وإفطار

من المثير للاهتمام أنّ الدليل على السفر ذهنيّاً عبر الزمن لا يأتينا من الآيب، بل من طائر هو أبو زريق الشُّجيريّ Scrub Jay. هذه الطيور تخبّئ بشكل روتينيّ مخزوناً من الطعام في مواقع متعدّدة، من ثمّ تسترجعه في وقت لاحق، كما أنّها قادرة على التميز بين المواقع حسب الفترة الزمنيّة التي انقضت منذ تخزين الطعام: تستخرج الديدان التي خبّأتها حديثاً بمعدل أعلى من الجوز، لأنّ الديدان الطازجة أشهى، لكنّها تختار الجوز إن مضى على إخفاء الديدان وقت طويل، فهي تعرف على ما يبدو أنّ الديدان لم تعد طازجة.

في تجربة شيّقة على طيور أبو زريق الشجيريّة، قامت عالمة النفس نيكولا كلايتون وزملاؤها بوضع الطيور في حجرتين منفصلتين بالتناوب كلّ يومين، بحيث تتلقّى الطيور في إحداهما «إفطاراً» يوميّاً فقط، من ثمّ قاموا بإعطاء الطيور على نحو غير متوقّع طعاماً إضافيّاً في المساء، عندما كانت موجودة في موقع يسمح لها بالوصول إلى أيّ من الحجرتين. قامت

الطيور على الفور بتخزين الطعام الفائض، وخبّأته بشكل رئيسيّ في الحجرة التي لا تتلقّى فيها إفطاراً. بما أنّ الطيور لم تكن جائعة عندما قامت بإخفاء الطعام، افترض الباحثون أنّها توقّعت حقّاً الجوع الذي ستعانيه في الصباح التالي. بالنسبة لكلايتون التي تعمل حاليّاً في جامعة كامبريدج، المعنى واضح: طيور أبو زريق بإمكانها أن «تخطّط عفويّاً لصباحها التالي، بغضّ النظر عن دوافعها الحاليّة، وبالتالي فهي تتحدّى الفكرة القائلة إنّ هذا الأمر هو مقدرة خاصّة بالإنسان فقط». كما لاحظ فريقها أيضاً سلوكاً ثانياً مثيراً للاهتمام: طيور أبو زريق تتذكّر على ما يبدو إن رأتها طيور أخرى عندما تقوم بإخفاء الطعام، وإن اكتشف أحدها أنّه شوهِد، يأتي لاحقاً وينقل ما خبّأه إلى موقع مختلف. بالإضافة إلى ذلك، تكون تلك الاستجابة أوضح في الطيور التي قامت بسرقة الطعام من غيرها، أي أنّ «اللصّ يعرف اللصّ»!

عالم النفس ويليام روبرتس قام في مقال له نشرته مجلّة Current Biology بمراجعة الاكتشافات الحديثة، واستنتج أنّ كلّاً من أبو زريق الشجيريّ والرئيسيّات غير البشريّة «قادرة على توقّع احتياجاتها المستقبليّة التي لم تمرّ بها بعد، وعلى التخطيط لها»، وأنّ هذه الدراسات تقترح «أنّ بعض الحيوانات قادرة على السفر ذهنيّاً عبر الزمن، إلى كلّ من الماضي والمستقبل». يبدو أنّ روبرتس تنازل بذلك عن موقف يعود لخمس سنوات خلت، عندما كتب أنّ الحيوانات «تعي فقط حاضراً دائماً، أمّا البشر فينظرون إلى العالَم من زوايا زمنيّة مختلفة». عالم آخر هو توماس زِنتال توصّل في مراجعة حديثة إلى الاستنتاج ذاته: «القدرة على تخيّل الماضي والمستقبل قد لا تكون خاصّة حصراً بالإنسان».

تبدو نتائج دراسة طائر أبو زريق مبهرة، لكنّها باعتقاد الثنائيّ المتشكّك دوماً سادندورف وكورباليس غير قطعيّة. من المحتمل أنّ الطيور كما يجادلان، «تتذكّر» أين خبّأت الطعام دون أن تقوم بإعادة تركيب الماضي ذهنيّاً، ولم يقتنعا بعد أن أيّاً من الحالات المدروسة تمثّل سفراً ذهنيّاً حقيقيّاً

عبر الزمن[1]. تولفينغ متشكّك بدوره، ويقول إنّه سعيد لأنّ كلايتون سرعان ما توقّفت عن استعمال مصطلح «ذاكرة الأحداث» للإشارة إلى مقدرات أبو زريق، وأخذت تستخدم «ذاكرة شبيهة بذاكرة الأحداث» عوضاً عنها.

تطوّرُ السفرِ ذهنيّاً عبر الزمن

حتّى ولو كانت المقدرة على السفر ذهنيّاً عبر الزمن خاصّة بالإنسان فقط، من المحتمل أنّ طليعتها كانت موجودة عند أشباه البشر القدماء، وكذلك عند السلف المشترك لكلّ من الإنسان والآيب[2]. البشر وحيوانات الآيب هم كائنات اجتماعيّة إلى حدّ كبير، ومن المحتمل أن معرفة ما يخطّط له بقيّة أفراد الجماعة -محاولة التنبّؤ مثلاً بما سيقوم به الشريك لاحقاً- تسمح للكائن بصقل المهارات اللّازمة لتتبّع الأشياء عبر المكان والزمان. في تلك الحالة، كما يستنتج سادندورف وكورباليس، قد تُشاهَد طليعة المقدرة على السفر ذهنيّاً عبر الزمن عند حيوانات الآيب المعاصرة، لكنّ السفر ذهنيّاً عبر الزمن بشكله الحاليّ تطوّر في مرحلة أكثر حداثة على ما يبدو، إذ يقدّر تولفنغ ظهوره خلال الخمسين ألف سنة الماضية، عندما ترسّخ وجود الإنسان العاقل.

بجميع الأحوال، السفر ذهنيّاً عبر الزمن لم يتطوّر بشكل منعزل، بل ترافق مع قدرات معرفيّة أساسيّة أخرى، «كي نفكّر بحدث ما في المستقبل، نحتاج نوعاً من الخيال» يكتب سادندورف وكورباليس، «أي تجسيد لمكان

1- سادندورف وكورباليس يصرّان أنّهما ليسا متحيّزين ضدّ النتائج: «نحن لا نجادل هذا الجدال القاتل للمتعة بسبب أي مفهوم مسبق لدينا عن الكيفيّة التي يجب أن يكون عليها العالم. على العكس، سنفرح لو ثبت أنّ أجناساً غيرنا تمتلك القدرة الذهنيّة على السفر عبر الزمن، وهو ما سيشكّل تحدّياً خطيراً للعديد من جوانب رؤية الإنسان للكون التي تتمحور حوله، وسترتّب عليه تحدّيات أخلاقيّة كبرى»، لكنّهما يقولان إنّ الدليل غير موجود: «نصرّ أنّ المعلومات المتوافرة حتّى الآن تقترح أنّ السفر ذهنيّاً عبر الزمن هو مقدرة خاصّة بالإنسان فقط». فالك

2- آخر سلف مشترك لجنس Pan وجنسنا نحن Homo عاش قبل 5-6 ملايين سنّة كما يُعتَقَد. فالك

في أذهاننا يُقدَّم فيه استعراض مُتخيَّل». ربّما لعبت اللغة أيضاً دوراً مهمّاً، مهاراتنا اللغويّة تجسّد السفر ذهنيّاً عبر الزمن من خلال استعمال صيغ الأفعال والتفكير المتكرّر، عندما نقول «سيكون قد تقاعد بعد سنة من الآن»، نحن نتخيّل زمناً في المستقبل سيصبح فيه حدثٌ معيّن -لم يحدث بعد في هذه اللحظة- شيئاً من الماضي. هذه الجملة التي تُكتَب بصيغة المستقبل التامّ كما يشير سادندورف وكورباليس، هي واحدة من حوالي ثلاثين صيغة في اللغة الإنجليزيّة «تعكس العلاقة الوثيقة بين اللّغة والسفرِ ذهنيّاً عبر الزمن». من الجدير بالذكر أنّ السفر ذهنيّاً عبر الزمن يختلف اختلافاً كبيراً من ثقافة إلى أخرى، رغم كونه متجذّراً في هندسة دماغنا. يكتب جي. جي. ويترو: «صحيح أنّ إدراكنا للزمن ناجم عن تطوّر الإنسان، لكن أفكارنا حول الزمن ليست متأصّلة، ولا نتعلّمها أوتوماتيكيّاً. إنّها عبارة عن تراكيب فكريّة تتولّد عن الخبرة والفِعل». يقترح سادندورف وكورباليس أنّ السفر ذهنيّاً عبر الزمن كان «شرطاً مسبقاً لتطوّر اللغة بحدّ ذاتها»، وسيساعدنا على فهم لماذا ينحصر استعمال اللغة المعقّدة بنا فقط، لو ثُبِتَ فعلاً أنّه خاصّ بالبشر.

«نظريّة العقل» كما يسمّيها علماء النفس هي من المقدرات الأخرى التي ترتبط بالسفر ذهنيّاً عبر الزمن ارتباطاً وثيقاً، وتعني القدرة على إدراك أنّ الحالة الذهنيّة للآخرين قد لا تتطابق مع الحالة الذهنيّة للشخص المعنيّ. مثلاً، يصبح الأطفال في سنّ الثالثة أو الرابعة قادرين على إدراك أنّ الشخص الآخر يعتقد اعتقادات خاطئة.

قبل حوالي مليوني سنة، ظهر أوّل أفراد جنسنا، جنس الإنسان homo، على الكوكب، وقد حباهم الاصطفاء الطبيعيّ بأدمغة أكبر (قياساً إلى حجم أجسادهم) من دماغ أيّ مخلوق سبقهم. يجادل سادندورف وكورباليس أنّ ظهور أشباه الإنسان hominid ذوي الأدمغة الأكبر، قد يعكس اصطفاءً «لخواصّ متداخلة، مثل نظريّة العقل، واللغة، وأيضاً برأينا: السفر ذهنيّاً عبر الزمن». سبق أن رأينا في الفصل الأوّل كيف صنع أشباه الإنسان الأوائل آلات محمولة من أجل استخدامها مستقبلاً، بالنسبة لسادندورف وكورباليس مثّل ذلك أوّلَ إشارة ظاهرة إلى مقدرة إدراكيّة جديدة تتطوّر،

وهي التي قادت أسلافنا إلى ازدهار غير مسبوق. السفر ذهنياً عبر الزمن كما يقولان «جسّد خطوة قصوى في التكيّف مع المستقبل[1]»: خلال ما ينوف على مليون سنة، ظهرت عدّة أجناس من أشباه البشر جابت سهول أفريقيا وآسيا وأوروبا، وبقي منها جنس واحد فقط هو الإنسان العاقل. لقد ألقينا نظرة على فصل الختام في تلك القصة، وهو اختفاء إنسان نياندرتال قبل حوالي 25 ألف سنة. حسب سادندورف وكورباليس، ربح جنسُنا «بسبب التقدّم المستمرّ في التنبّؤ واللغة والثقافة والعدوان المُنسَّق، ممّا جعلنا الناجين الوحيدين من سباق تطوّرٍ مسلّحٍ استثنائيّ. ربّما نكون نحن الجنس الوحيد القادر على السفر ذهنياً عبر الزمن، لأنّ الآخرين الذين نافسونا في مجالنا انقرضوا جميعاً (أو أُجبِروا على الانقراض)».

كانت النتيجة مخلوقاً يمشي منتصباً، يستعمل الأدوات، يستخدم لغة معقّدة، وتكوّن لديه للمرّة الأولى في التاريخ مفهوم متكامل عن «الماضي» و«الحاضر» و«المستقبل». أهكذا ظهر مفهوم المستقبل إلى الوجود؟! كما يكتب سادندورف وكورباليس: «تركيب الأحداث الماضية وتلك التي ستحدث مستقبلاً تركيباً ذهنياً، قد يكون المسؤول عن مبدأ الزمن بحدّ ذاته، وعن فهم الاستمراريّة ما بين الماضي والمستقبل».

السفر ذهنيّاً عبر الزمن عند الأطفال

لا يظهر السفر ذهنياً عبر الزمن عند الأطفال في عمر باكر. لم يُحسم وجوده بعد بالنسبة للحيوانات، أمّا الأطفال فلا شكّ أنّهم يعيشون في «حاضر أبديّ» إلى أن يبلغوا عمر 18 شهراً. كلّ رغبة يعبّرون عنها، وكلّ كلمة ينطقونها، تكون متجذّرة في منظورهم بما يحيط بهم مباشرة، كما يبدو عليه في اللحظة الراهنة. إحساس الطفل بالزمن يتطوّر تدريجيّاً، بالتوازي مع الذاكرة ومع استعمال اللغة. يبدي الرضّع علاماتٍ تدلّ على الذاكرة

1- ليست كلّ التصوّرات عن المستقبل جيّدة. كما ذكرنا في الفصل الأوّل، وكما يدرك سادندورف وكورباليس، يحمل إدراك المستقبل معه إدراكَ المرء بأنّه كائن فانٍ. سادندورف وكورباليس يعترفان أنّ هذا الأمر «أدخل أنواعاً جديدة من التوتّر العقليّ». فالك

القصيرة الأمد في سنّ مبكّرة جدّاً، إذ يمكن للطفل بعمر ثلاثة أشهر أن يميّز الزينة الدوّارة المتحرّكة فوق سريره، التي رآها قبل أسبوع أو اثنين. بعمر سنتين، يستطيع الأطفال أن يتذكّروا ترتيب سلسلة أشياء عُرِضَت عليهم قبل أسابيع[1]، وفي هذا العمر أيضاً يتعلّمون كلمة «الآن»، من ثمّ «بعد قليل»، لكنّهم على الأغلب لم يتعلّموا بعد أيّ مفردة تشير إلى الماضي، كما يتعلّمون كلمة «غداً» دائماً قبل كلمة «البارحة». لاحقاً، بين عمر 3-5 سنوات، يصبح باستطاعة الأطفال أن يفهموا ويَصِفوا الأحداث في الماضي والمستقبل، وأن يخطّطوا للنشاطات المستقبليّة. بعمر الرابعة تقريباً، يمكن للأطفال أن يجيبوا بدقّة عن الأسئلة المتعلّقة بما حصل في الماضي، وعن الأحداث التي قد تحدث غداً. رغم أنّهم قد يجيبون عن تلك الأسئلة بعمر الثالثة، لكنّها إجابات خاطئة غالباً[2]. كما يقترح ويليام روبرتس، الأطفال تحت سنّ الرابعة «قد لا يتمتّعون بمهارات التمثيل اللغويّ الكافية لفهم الزمن كبُعدٍ يتحرّك للأمام والخلف بدءاً من اللحظة الراهنة». في هذا العمر أيضاً يبدأ الأطفال طوعاً باختيار المكافآت المؤجَّلة، فهم يرفضون قطعة حلوى تقدّم لهم الآن، على ضوء معرفتهم بأنّهم سيتلقّون مكافأة أكبر لاحقاً.

تنتهي هذه المرحلة تماماً بعمر ستّ سنوات. يستطيع الأطفال الآن أن يتكلّموا روتينيّاً عن الأمس واليوم وغداً، وأن يتذكّروا أحداث الماضي، وأن يتخيّلوا المستقبل، وربّما يبدؤون بعدّ الأيّام المتبقيّة حتّى موعد الكريسماس، أو عيد ميلادهم قبل أسابيع من حلوله، مع توقّعات محدّدة (وربّما مطالب) حول ما سيحمله لهم ذلك اليوم. الطفل في السادسة من عمره، يسبق من حيث المعرفة الإدراكيّة أذكى شمبانزي أو أبو زريق بسنوات ضوئيّة.

1- واضح أنّ الأطفال الصغار يشكّلون ذكريات، لكنّها ذكريات لا تدوم. معظم البالغين لا يتذكّرون شيئاً عن طفولتهم قبل سنّ الثالثة أو الرابعة، كما أنّ الأطفال غير قادرين على تخزين الذكريات الطويلة الأمد، وذلك راجع باعتقاد العلماء لكون التراكيب الدماغيّة الضروريّة -مثل منطقة الحُصَين Hypocampus والقشرة الدماغيّة الحديثة neocortex- لم تتطوّر بشكل كافٍ بعد. فالك

2- تلك التجارب تعتريها الصعوبة كما تقول عالمة النفس جاني بوسبي: «من غير الواضح ما إذا كان الطفل في سنّ الثالثة يجيب خطأً لأنّه لا يستطيع السفر ذهنيّاً عبر الزمن، أم لأنّه لا يفهم السؤال جيّداً بعد». فالك

بين عمر 8-10 سنوات، يبدأ الأطفال بالنظر إلى الزمن كمفهوم مجرّد، «كزمن واحد مشترك تحدث فيه جميع الأحداث» كما يقول جي. جي. ويترو. ممّا يلفت النظر أنّ معظم الأطفال بعمر عشر سنوات، يعتقدون أنّهم يكبرون بمقدار ساعة واحدة عندما يتمّ تقديم الساعة وفق التوقيت الصيفيّ، بينما يدرك معظم من هم بعمر الخامسة عشرة أنّ تغيير الوقت هو مجرّد أمر مُتَّفقٍ عليه.

على الأقلّ، كلّ ما سبق نلاحظه عند الأطفال في الغرب كما ينبّهنا ويترو، لأنّ الطريقة التي يطوّر بها الأطفال إحساسَهم بالزمن تعتمد على بيئتهم الثقافيّة (رأينا قبل قليل رأي روبرتس عن عدم قدرة الأطفال الصغار على «إدراك الزمن كبُعد يتحرّك للأمام وللخلف بدءاً من اللحظة الراهنة»، لكن لماذا ينبغي عليهم أن يدركوا الزمن بتلك الطريقة تحديداً؟!). في كتابه «الزمن عبر التاريخ» 1988، يشير ويترو إلى أنّ الأطفال في الثقافات الأخرى -يذكر دراسة أجريت في أوغندا، وأخرى بين الأستراليّين الأصليّين- «يجدون صعوبة في الربط بين الزمن الذي تحدّده الساعة والتوقيت الفعليّ، لا لأنّهم أقلّ ذكاءً، بل لأنّ حياتهم على عكس حياتنا، لا يحكمها الزمن». الأنثروبولوجيّ ألفرد جِل ردّد مؤخّراً أصداء أفكار روبرت هوك، عندما أكّد الصعوبات التي نعانيها عندما نفحص مفهومنا عن الزمن: بكم تسهم البيولوجيا في ذلك «الإدراك» وبكم تسهم الثقافة؟! «نحن لا نملك عضواً حسيّاً متخصّصاً بقياس الوقت الذي ينقضي» كتب، «الحديث عن إدراك الزمن هو كلام مجازيّ».

عيوبُ الذاكرة

ربّما يمثّل السفر ذهنياً عبر الزمن دفّة توجيه معرفيّة تسمح لدماغنا بالإبحار في نهر الزمن، لكنّ شقّي هذه الرحلة، يبدوان مختلفين تماماً رغم أنّهما يستعملان العمليّات الدماغيّة ذاتها. عندما نتخيّل المستقبل، نعرف أنّ ما نتصوّره هو مجرّد تكهّن عقليّ، قد نكون على صواب بالنسبة للخطوط العريضة لكنّنا سنخطئ في التفاصيل بكلّ تأكيد. من ناحية أخرى، نحن نعطي

الذاكرة قيمة أكبر، ونشعر غالباً بأنّ ذكرياتنا ليست تكهّنات بل وقائع حقيقيّة حصلت فعلاً. عندما تواجهنا روايتان متضاربتان عن أحداث حفلة الأسبوع الماضي مثلاً، سنتشبّث بقناعاتنا: لا بدّ أنّه مخطئ! أعرفُ ما رأيتُ! بأيّ حال، ستتلاشى الذكريات مع مرور الوقت، وسنضطرّ إلى مراجعة مذكّراتنا أو تقليب ألبوم صور لإحيائها. في رواية مارسيل بروست « تذكّر الأشياء الماضية»، يكون طعمُ كعكعة مادلين –وهي معجّنات بنكهة الليمون– كافياً لنقل الراوي عبر الزمن وإعادته إلى قرية طفولته. غالباً، تذكّرُ لحظة سعيدة غابرة يبدو خياراً أفضل من عدم إمكانيّة أن نعيشها مرّة أخرى، لكن... ما هو مقدار مصداقيّة تلك الذكريات؟! لا يفاجئنا أنّنا كثيراً ما نسمع أنّ الذكريات تخوننا، كلّنا تواجهنا تلك اللحظة المربكة عندما نلتقي شخصاً نعرفه لكنّنا لا نستطيع أن نتذكّر اسمه، وإمّا أن نعترف بفشلنا المخزي أو أن ندّعي أنّنا تذكّرناه، آملين أن يقفز اسمه إلى ذاكرتنا فجأة. معظمنا بحث بجنون عن محفظة جيب، أو حقيبة ضائعة، أو علّاقة مفاتيح، من ثمّ فوجئ بها أمام عينيه.

يُعتبر فقدان الذاكرة إلى حدّ معيّن أمراً طبيعيّاً مع التقدّم بالعمر، أمّا المرض العصبيّ المعروف بالزهايمر فهو يدمّر الذاكرة تدميراً كليّاً. ما يفاجئنا أكثر هو –حتّى عند البالغين الأصحّاء– أنّ الثقة التي نشعر بها إزاء أكثر ذكرياتنا اتّقاداً لا تضمن صحّتها بالضرورة، سنكون مخطئين بنسبة 100% غالباً. إحدى التجارب المشهورة –وهي سهلة يمكنكم أن تنفّذوها مع صديق– تتضمّن قوائم من المفردات ذات المعاني المترابطة: يقرأ الفاحص سلسلة كلمات مثل مُتعَب، سرير، صاحٍ، حلم، ليل، بطّانيّة، يشخر، يتثاءب... إلخ، تترابط جميعها مع مفردة معيّنة لا تَرِد في السلسلة –وهي «ينام» في المجموعة السابقة– ثمّ يُعطى المشاركون سلاسل كلمات أخرى، فيعزلون منها بسهولة الكلمة الجديدة غير المترابطة مع الثيمة العامّة للسلسلة الأصل (مثلاً مطبخ أو زبدة). بأيّ حال، وجدتِ التجربةُ أنّ المشاركين كثيراً ما يدّعون –خطأً– أنّ الكلمة المفتاحيّة ذُكِرَتْ في السلسلة الأولى. قال دانيل شاكتر إنّه أجرى هذا الاختبار على حوالي ألف شخص، واستنتج أنّ 80–90 % منهم يقولون إنّهم «سمعوا» الكلمة المفتاحيّة الغائبة! وأحياناً، كان المشاركون متأكّدين ممّا سمعوه، لدرجة أنّهم اتّهموه بالكذب!

نظريّة شاكتر حول السبب الكامن خلف هذه الأخطاء، تنصّ على أنّ الأهمّ من الناحية التطوريّة هو أن نتذكّر جوهر الأحداث التي نصادفها، وليس تفاصيلها الدقيقة. خلاصة القصة هي أمر نستطيع تحليله والتصرّفَ بناء عليه، أمّا التيّار اللّانهائيّ من التفاصيل فسوف يشلّنا. «الناحية الإيجابيّة هنا، هي أنّنا ماهرون باستخلاص المعنى العامّ، أو جوهرِ ما نتعرّض له» يقول، «أمّا الجانب السلبيّ فيوضح حقيقة أنّنا فاشلون بالاحتفاظ بالتفاصيل الدقيقة المتعلّقة باكتساب المعرفة، لذلك سنعزو خطأً إحساسَنا القويّ بأنّ ما نمرّ به مألوف –أو تذكّرنا له– إلى واقعة لم تحدث قط».

عندما نشهد جميعاً الحدث المقصود –كفيلم مشهور مثلاً– سنكوّن غالباً نوعاً من الذكريات الجماعيّة الخاطئة عنه. نحن نتذكّر أن هامفري بوغارت الذي لعب دور ريك في كازابلانكا يقول: «اعزفه مجدّداً يا سام!» لكنّه لم يفعل! في الواقع، يقول ريك: «لقد عزفتَه من أجلها، ويمكنكَ أن تعزفه من أجلي» ومن ثمّ: «إن تحمّلتْه هي، بإمكاني أنا أيضاً أن أتحمّله. اعزفه!». مقولة أخرى شهيرة من «كنز سييرا مادر» تثير المشاكل، فقائد العصابة الذي لعب دوره ألفونسو بيدويا لم يقل قط: «شارات؟ لا نحتاج شاراتٍ مقرفة!»، ما قاله في الحقيقة كان: «لا تلزمنا شارات، لستُ مضطرّاً أن أظهر لك أيّ شاراتٍ مقرفة!». الذكرى المفضّلة بالنسبة لي كصحفيّ متخصّص في مجال العلوم، هي عن كارل ساغان في السلسلة القصيرة «الكون» التي أعدّها للتلفاز، وفيها يقول «مليارات ومليارات». ربمّا كرّر تلك الجملة مرّاتٍ ومرّات، لكنّه يقسم أنّه لم يستعملها قط. جوني كارسون الذي قلّد كارل ساغان عدداً لا يحصى من المرّات في «ذه تونايت شو»، TheTonight Show استخدم «مليارات ومليارات» كثيراً.

قابليّتنا لتشكيل ذكريات زائفة لها جانب حَسَنٌ، وهو مساعدتنا على تذكّر جوهر ما حدث، لكنّها تثير القلق. قائمة بالكلمات واقتباسات الأفلام الخاطئة هي مجرّد البداية لا غير، فقد اكتشف العلماء أنّ الذكريات الخاطئة الأكثر تعقيداً قد تتسلّل بسهولة نسبيّة إلى الوقائع، سواء سهواً أو قصداً. في دراسة شهيرة، تمكّنت إليزابيث لوفتوس وزملاؤها في جامعة كاليفورنيا، إرفِن، من إقناع ثلث المشاركين بأنّهم ضاعوا في أحد المولات التجاريّة

عندما كانوا أطفالاً (مقابلات الباحثين المسبقة مع الأقارب، أكّدتْ أنّ المشاركين في الدراسة -بعمر 18 إلى 35 سنة آنذاك- لم يتعرّضوا قطّ إلى مثل تلك التجربة). من الأمثلة الأخرى المثيرة للجدل عن الذكريات الزائفة، تلك المتعلّقة بالاعتداء الجنسيّ، أو العنف الجسديّ المزعوم و«المكبوت»، الذي تتذكّره الضحيّة المُفتَرضَة لاحقاً بمساعدة التنويم المغناطيسيّ، أو «الصور الموجَّهة»، أو أيّ من الأساليب الأخرى المثيرة للجدل.

الذكريات في ومضة

هناك نوع مميّز من الذواكر بدأ العلماء بسبر أغواره مؤخّراً. لو سألتكم ماذا كنتم تفعلون يوم 9 أو 10 أيلول عام 2001، ستعانون غالباً من صعوبة في تذكّر الجواب، لكنكم ستتذكّرون على الأرجح بدقّة أين كنتم، وماذا كنتم تفعلون صبيحة 11 أيلول 2001. هذه الذكريات التي تترافق مع أحداث مهولة أو صادمة -خاصّة على مستوى الأمّة- تُعرف باسم ذاكرة الفلاش Flashbulb memory، وهو مصطلح ابتكره عالمان من هارفارد هما روجر براون وجيمس كولِك، عندما درسا ذكريات الناس عن اضطرابات حقبتي الستينيّات والسبعينيّات من القرن العشرين. المصطلح يشرح نفسه بنفسه: ذكريات الفلاش قويّة للغاية، وكأنّها مطبوعة في أدمغتنا كصور فوتوغرافيّة. بالنسبة للأجيال السابقة، اغتيالُ جون. إف. كينيدي، انفجار مكّوك الفضاء تشالنجر عام 1986، تبرئة أو. جي. سمبسون[1] عام 1995، موت الأميرة ديانا 1997، وأخيراً الهجمات الإرهابيّة عام 2001، كلّها أمثلة على هذا النموذج. يعتقد براون وكولِك أنّ الطريقة التي تُشفَّر بواسطتها تلك الذكريات في أدمغتنا تختلف جذريّاً عن الذكريات العاديّة، وتعتمد على آليّة أطلقا عليها اسم «اطبعِ الآن»، تقوم بتجميد اللحظة ما إن نسمع بوقوع تلك الأحداث. نظراً للطبيعة الآنيّة لهجمات عام 2001 الإرهابيّة، لا يفاجئنا أنّها أصبحت نموذجاً معياريّاً لدراسة الأحداث الصادمة على مستوى جماعيّ. حتّى

1- Orenthal James Simpson لاعب كرة قدم أمريكيّ اتُّهم عام 1994 بقتل زوجته السابقة وعشيقها، لكنّه بُرِّئ في محاكمة علنيّة في السنة التالية. المترجمة

طريقتنا بالإشارة إليها بتاريخ حدوثها 11/ 9 أو 11 أيلول، تقترح أنّ تاريخها بحدّ ذاته ترك انطباعاً دائماً على ذكرياتنا الجماعيّة[1].

أجرت عالِمة النفس اليزابيث فِلْبس من جامعة نيويورك مؤخّراً دراسة مفصّلة عن ذكريات 11/ 9، استَخدمتْ فيها للمرّة الأولى تقنيّات تصوير الدماغ الحديثة، كي تفحص الآليّات الكامنة خلف تلك الذكريات. التقيت الدكتورة فلبس بعد ظهيرة أحد أيّام تمّوز القائظة، حين كان الهواء فوق أرصفة نيويورك أشبه بفرن البيتزا، والشمس عموديّة تقريباً، وناطحات السحاب بالكاد تلقي ظلّاً خفيفاً. لسبب ما، لم يكن الطابق الثامن في مبنى علم النفس في جامعة نيويورك أكثر برودة! شرحت لي فلبس أنّ دراستها كشفت نتائج مثيرة للاهتمام، فبعد ثلاث سنوات من الهجمات، قامت هي وزملاؤها باستجواب الأشخاص الذين كانوا في مركز مدينة مانهاتن على بعد كيلومترات قليلة من مركز التجارة العالميّ، بالإضافة إلى أشخاص كانوا في موقع أقرب، لم يبعد عن الأبراج أكثر من 7-8 كيلومترات. خلصت فلبس في دراستها إلى أنّ قوّة الذكريات عن أحداث 11/ 9 تعتمد على مدى قرب الشخص من الأبراج: أولئك الذين كانوا أقرب ما يمكن قدّموا وصفاً غنيّاً بالتفاصيل، وكانوا متأكّدين من ذكرياتهم أكثر من أولئك الذين تواجدوا في مواقع أبعد.

تعتقد فلبس أنّ هناك تفسيراً مباشراً: تولّد عند الأشخاص الأقرب إلى الأبراج ارتكاسٌ انفعاليّ، لأنّهم استطاعوا أن يرَوا، وأن يسمعوا، بل حتّى أن يشمّوا ما حصل. «الأشخاص الأقرب هم على الأغلب من شعروا بأنّ الخطر يتهدّدهم يومها، وهربوا بحثاً عن ملجأ وما شابه» قالت لي، «وهم غالباً من يقدّمون وصفاً واقعيّاً للتجربة الحسيّة التي مرّوا بها أثناء الحدث». أمّا بالنسبة للأشخاص الذين كانوا في مواقع أبعد، فقد تعرّضوا رغم هول ما حصل إلى خطر مباشر أقلّ نسبيّاً، ولا تختلف ذكرياتهم في الواقع كثيراً من حيث

1- على نحو لا يُصدَّق، أشار استطلاع نشرته واشنطن بوست عام 2006 -أي بعد خمس سنوات فقط من أحداث 11 / 9- إلى أنّ 30% من الأمريكيّين لم يستطيعوا أن يحدّدوا في أيّ «عام» وقعت الهجمات الإرهابيّة، لكنّ 95% منهم استطاعوا أن يحدّدوا اليوم والشهر. فالك

النوعيّة، عن تلك المتعلّقة بحدث مهمّ على الصعيد الشخصيّ -الانتقال إلى نيويورك، حفلة عيد ميلاد مميّزة... الخ- مرّوا به في الصيف الماضي. بكلمات أخرى، المجموعة التي كانت على بعد كيلومترات قليلة من الأبراج، هي فقط من تولّدت عندها ذكريات فلاش. نتائج التصوير المقطعيّ للدماغ التي أجرتها فلبس وفريقها تدعم تلك النتائج، إذ استخدمت ما يسمّى بماسح FMRI[1] لدراسة فعّاليّة الدماغ عند أفراد التجربة، عندما يُطلَب منهم أن يتذكّروا الجوانب المختلفة لتجربتهم خلال 11/ 9. وجدت فلبس أنّ أدمغة الأشخاص الذين كانوا أقرب إلى الأبراج تُظهِر نشاطاً متزايداً في منطقة اللوزة Amygdala، وهي منطقة صغيرة تشبه اللوزة تتوضّع في عمق كلّ من الفصّين الصدغيّين الأيمن والأيسر، وتقوم بوظيفة تتعلّق بمعالجة الذكريات المشحونة عاطفيّاً، والاستجابةِ للخوف على وجه الخصوص.

ممّا يثير الفضول هو أنّ الأحداث التي تسبّب صدمة، تخلّف ذكريات قويّة جدّاً وحيّة، كما افترض براون وكولِك، لكنّها ليست أكثر دقّة بالضرورة من الذكريات عن الأحداث الأخرى الأقلّ أهميّة. كما أشارت دراساتٌ عديدة إلى أنّ ذكريات الفلاش تصبح أقلّ دقّة مع مرور الزمن، تماماً مثل الذكريات العاديّة. في أحد الاستطلاعات، وجد علماء النفس أنّه بعد سنتين ونصف السنة على كارثة تحطّم مسبار الفضاء تشالنجر، قدّم المشاركون في استطلاع مبدئيّ إجاباتٍ تختلف اختلافاً صارخاً عن تلك التي قدّموها بعد يوم واحد فقط من الحادثة، كما خلصت دراسة أخرى إلى أنّه بعد ثلاث سنوات، قدّم ثلث المشاركين قصصاً غير مترابطة.

نتائج دراسة أحداث الحادي عشر من أيلول مماثلة. «من الصعب إقناع الناس بأنّهم لا يعرفون ما الذي كانوا يفعلونه يوم 11/ 9» تقول فلبس، إذ بيّنت دراستها أنّ الناس «لا يتذكّرون ما وقع يوم الحادي عشر من أيلول بدقّة تفوق دقّة ذكرياتهم عن حفلة ذهبوا إليها الليلة الفائتة، لكن ما يميّز تلك الذكريات هو الشعور بأنّها صحيحة».

1- Functional Magnetic Resonance Imaging وهو جهاز فعّال يقيس نشاط العصبونات داخل الدماغ. لأسباب واضحة، لا توجد بيانات تتعلّق باللحظة التي تشكّلت فيها الذكرياتُ عن أحداث 11 / 9. فالك

لماذا نثق بذكرياتنا عن حادث مهول، عندما لا تكون في حقيقة الأمر أدقّ من ذكرياتنا عن حدث عاديّ؟! تعتقد فلبس أنّ من مصلحة أدمغتنا تجاهلَ التفاصيل الهامشيّة، «المشاعر تخبرك بما هو مهمّ» تقول، «إن كنت تحاول الهرب من نمر مثلاً، لن تهمّك التفاصيل. ما يهمّك هو: إنّه نمر! اهرب من هنا فوراً!». كلامها يذكّرنا بما قاله شاكتر عن الصعوبة التي تواجهنا مع قوائم الكلمات: نحن نتذكّر الخلاصة لا التفاصيل، لأنّ الخلاصة هي الأهمّ. «نعتقد أنّ هذا يساعدنا في اتّخاذ قرار سريع في مواجهة حدث يولّد شحنة انفعاليّة قويّة» تضيف فلبس، «هذه هي نظريّتنا المُفَضّلة، لكنّنا غير قادرين على إثباتها».

داخل دماغ بوش

أن شعرتم بأنّ ذكرياتكم عن أحداث الحادي عشر من أيلول تخبو، فلستم وحيدين: حتّى رئيس الولايات المتّحدة الأمريكيّة بدا كأنّه يعاني صعوبة بتذكّر ما وقع بعد شهور على الهجمات. دانيل غرينبرغ، وهو عالم نفس جامعة نيويورك – لوس أنجلوس، لاحظ أنّ ذكريات جورج دبل. يو بوش عن أحداث الحادي عشر من أيلول، تغيّرت على نحو مهمّ مع مرور الوقت. في الرابع من كانون الأوّل 2001، أي بعد ثلاثة أشهر تقريباً من الهجمات، يروي بوش ما حصل على النحو التالي:

كنتُ في فلوريدا، مع كبير موظّفي البيت الأبيض آندي كارد. في الواقع، كنتُ جالساً خارج أحد الصفوف في مدرسة هناك، بانتظار أن أدخل كي أتحدّث عن برنامج ناجح للقراءة، وعندها رأيتُ طائرة تصطدم بالبرج – التلفاز كان يعمل على ما يبدو– أنا كنتُ طيّاراً في السابق، فقلتُ لنفسي: «يا له من طيّار رهيب!» ثمّ قلتُ: «لا بدّ أنّه حادث شنيع!»، لكن توجّب عليّ الدخول سريعاً إلى الصفّ، ولم أملك وقتاً كافياً للتفكير بما حصل. في الداخل، آندي كارد، الذي كان جالساً هناك مشى صوبي وقال: «لقد اصطدمت طائرة أخرى بالبرج، أمريكا تتعرّض للهجوم». بعد أسبوعين فقط، في مقابلة مع واشنطن بوست، تذكّر بوش أحداث اليوم على نحو مختلف كما جاء في الصحيفة:

يتذكّر بوش أنّ كارل روف كبير المستشارين، نقل إليه الأخبار قائلاً إنّ هناك حادثاً يتعلّق بطائرة صغيرة ذات محرّكين. في الواقع، كانت تلك هي الرحلة رقم 11 على الخطوط الجويّة الأمريكيّة، والطائرة هي بوينغ 767 انطلقتْ من مطار لوغان الدوليّ في بوسطن. افترض بوش أنّه حادث استناداً إلى ما نُقِل إليه، «إنّه خطأ الطيّار!» يتذكّر الرئيس أنّه قال، «من غير المعقول أن يقوم أحد ما بهذا الأمر!». بعد التشاور مع آندرو. إتش. كارد كبير موظّفي البيت الأبيض، قال بوش: «لا بدّ أنّ الطيّار قد أصيب بنوبة قلبيّة». في الساعة 9:05، صباحاً طائرة الرحلة 175 على الخطوط الجويّة المتّحدة، وهي أيضاً بوينغ 767، اصطدمت بالبرج الجنوبيّ لمركز التجارة. كان بوش جالساً على دكّة في غرفة الصفّ، عندما همس كارد في أذنه: «لقد اصطدمت طائرة ثانية ببرج آخر... أمريكا تتعرّض للهجوم».

في كانون الثاني 2002، تغيّرت ذكريات بوش للمرّة الثالثة:

«كنتُ جالساً هناك، وكبير موظّفي البيت الأبيض... حسناً، في البداية، عندما دخلنا إلى غرفة الصفّ، رأيتُ تلك الطائرة تصطدم بالمبنى الأوّل. كان هناك تلفاز يعمل، كما تعرفون، ظننتُ أنّه خطأ الطيّار، وتعجّبتُ كيف يمكن لشخص ما أن يرتكب غلطة كهذه، ولا بدّ أنّ هناك خطباً ما بالطائرة، أو بأيّ حال، هأنذا جالس هناك أستمع إلى الموجز، وعندها جاء آندرو كارد وقال: أمريكا تتعرّض للهجوم».

يبدو أنّ الرئيس بوش لا يستطيع أن يتذكّر هل أخبره كارل روف عن الحادث الأوّل، أم أنّه شاهده على شاشة التلفاز! الاحتمال الثاني مستحيلٌ في الواقع، لأنّ اللقطات الوحيدة عن التحطّم الأوّل (التي صوّرها بالصدفة فريق تلفزيونيّ كان يعمل على مشروع مختلف)، بُثّتْ لاحقاً. لا يفاجئنا أنّ أتباع نظريّة المؤامرة استغلّوا الفرصة، وادّعوا أنّه باعتبار بوش قد شاهد التحطّم الأوّل، فلا بدّ أنّه نصب هو و«شركاؤه في المؤامرة» كاميراتهم الخاصّة لتسجيل ما حدث. يسأل غرينبرغ: «هل نحن مجبرون على التصديق، بأنّ الرئيس ذكيّ بما يكفي لتنفيذ مؤامرة رهيبة للهجوم على أمريكا، لكنّه غبيّ لدرجة أن يكشفها مرّتين؟!».

في الواقع، هناك تفسير أكثر براءة. «إن أخذنا بعين الاعتبار هشاشة الذاكرة البشريّة» كما يقول غرينبرغ، سنجد أنّ جزءاً من المشكلة يكمن بأنّنا نتعرّض لصور قويّة عن الأحداث المهولة خلال الأيّام والأسابيع اللّاحقة (كانت الأغزر في حالة هجمات 11/ 9) وفي نهاية المطاف، ستصبغ الصور بحدّ ذاتها ذاكرتنا عن الأحداث الأصليّة. في دراسة هولنديّة أجريتْ بعد تحطّم طائرة شحن EL AL في أمستردام عام 1992، قال 60% من المشاركين في الاستبيان إنّهم شاهدوا لقطات في التلفاز عن لحظة تحطّم الطائرة، رغم عدم وجود مثل تلك اللقطات أصلاً. ربّما نشعر أيضاً بأنّ التلفاز هو مصدر الأخبار التي تلقّيناها في الحقيقة من مصادر أخرى، كمحادثة أو اتّصال هاتفيّ (هذا ما يسمّيه علم النفس بفقدان الذاكرة الانتقائيّ للمصدر). بالإضافة إلى ذلك، وجد علماء النفس أنّنا نميل إلى دمج الذكريات التي تنتمي إلى أوقات مختلفة معاً، وبالتالي نركّب دون قصد ذكريات غير دقيقة عن الحدث، بالاعتماد على ذكريات حقيقيّة لأحداث وقعت قبله أو بعده بقليل، وهو ما يدعى بـ: خطأ الشريحة الزمنيّة.

بالنسبة لتبدّل ذكريات بوش عن هجمات 11/ 9، يستنتج غرينبرغ: «الرئيس، مثل معظم الأمريكيّين، شاهد اللقطات مراراً وتكراراً في الأشهر اللّاحقة، بما فيها لقطات التحطّم الأوّل عندما أصبحت متاحة. من ثمّ، عندما حاول أن يتذكّر كيف سمع بالهجوم الأوّل، قام بما يفعله العديد من الناس وهو استرجاع المعلومات من الشريحة الزمنيّة الخاطئة، وتذكّر صورةً حيّة مميّزة، عوضاً عن خبر باهت نقله إليه كارل روف». من الجدير بالملاحظة أنّه رغم تبدّل ذكريات الرئيس، بقي عنصرٌ واحد منها ثابتاً نظريّاً: أنّه علم بالتحطّم الثاني حين همس آندرو كارد، كبير موظّفي البيت الأبيض، بالخبر في أذنه. ربّما لم تكن مصادفة أنّ الصورة التي التُقِطت لهما في تلك اللحظة تحديداً، انتشرت على نطاق واسع في الأيّام والأسابيع التالية لهجمات الحادي عشر من أيلول.

زمنُ إسحاق

نيوتن، ليبنِز، وسهمُ الزمن

الطبيعـةُ، وقوانينهـا، كانت تقبـع خفيّة في
الليل
قال الله: ليكن هناك نيوتن! فأشرقَ الضوءُ
• ألكساندر بوب

«انضمّوا إليّ في مديح نيوتن، الذي فتح صندوقَ كنزٍ مليء بالحقائق المخبّأة»، قال الفلكيّ الإنجليزيّ إدموند هالي في تقديمه لتحفة زميله «المبادئ الرياضيّة Philosophiae Naturalis Principia Mathematica للفلسفة الطبيعيّة» المعروفة بالبِرنسيبيا اختصاراً. «لا يمكن لأيّ فانٍ أن يدنو من الآلهة أكثر!» يهلّل هالي بحماس، وهذا مديح في مكانه، فقد أرسى إسحاق نيوتن (1642–1727) في «البرنسيبيا» الإطارَ الرياضيّ الذي سيشكّل أساساً للفيزياء طيلة ما ينوف على مئتي عام[1]، رغم أنّه كتاب لم يرَ ضوء الشمس قط! نيوتن الذي وُصِف في شبابه بأنّه «رجل رزين، مفكّر، صَمُوت» عاش في عزلة صارمة، وكتب أعظم إنجازاته الفكريّة على ضوء الشموع في غرفته في كامبريدج. عندما اضطرّت الجامعة لإغلاق أبوابها بسبب تفشّي الطاعون، استمتع نيوتن بعزلة أشدّ في عزبة عائلته الريفيّة النائية

1- تجدون لمحةً موجزة عن حياة نيوتن وعمله، ونبذةً عامّة عن الثورة العلميّة، في كتابي السابق «الكون على تيشرت». فالك

في وولسثورب، لنكولنشاير. تدعى الفترة اللّاحقة -18 شهراً تبدأ في أواخر 1665- أحياناً بسنة المعجزة annus mirabili: «في تلك الأيّام، كنتُ أعيش عصرَ اكتشافاتي الذهبيّ» كتب نيوتن فيما بعد، «اشتغلتُ على الرياضيّات والفلسفة أكثر من أيّ وقت لاحق».

بعد انحسار وباء الطاعون عام 1667، عاد نيوتن إلى كامبريدج وقد تبلورَتْ في ذهنه أهمّ أفكاره، إذ إنّه طوّر قاعدة رياضيّة لديناميك غاليليو لخّصها في ثلاثة قوانين للحركة تحمل اسمه، كما استنبط قواعدَ نوعٍ جديد من الرياضيّات تتعامل مع المقادير المتناهية في الصغر، وهي القواعد التي ندعوها نحن اليوم بـ«الحساب». بحث أيضاً في طبيعة الضوء واللون، ومن ثمّ، في قفزة خياليّة مدهشة، بيّن كيف أن تفاحة تسقط أو كوكباً أو قمراً يدور، جميعها تستجيب للقوّة ذاتها، التي حسبها بدقّة رياضيّة بواسطة قانون الجاذبيّة العامّة الذي استنبطه... وكلّ ذلك وهو ما يزال في الرابعة والعشرين من عمره!



إسحاق نيوتن، الذي أعلن أنّ «الزمن المطلق، الحقيقيّ، والرياضيّ، يمرّ بشكل منتظم». بالنسبة لنيوتن، تجري الأحداث على خلفيّة ثابتة من الزمان المطلق، والمكان المطلق.

الطريق إلى برنسيبيا Principia

احتفظ نيوتن لنفسه بمعظم أفكاره تلك. راسله الدارسون من شتّى أنحاء أوروبا، لكنّه لم يردّ عليهم في أغلب الأحيان، واختار أن «يمتنع عن

المراسلات حول القضايا الرياضيّة والفلسفيّة» كما روى لاحقاً، لأنّها «تميل إلى خلق الخلافات والتناقض». طيلة ما يزيد على عشرين عاماً، تراكم الغبار في مكتبه في كليّة ترينيتي Trinity فوق كتاباته القليلة في مجال الفيزياءِ – معظمها مقالات غير مكتملة– وفوق أبحاثِه في الكيمياء واللّاهوت، لكنّ موقفه تغيّر بعد أن زاره إدموند هالي في آب 1684. هالي، المقيم في لندن، كان يعرف أنّ علماء آخرين يوشكون على نشر أفكار تشبه تلك التي يعمل عليها نيوتن (روبرت هوك على سبيل المثال، اشتغل على فكرة الجاذبيّة التي تتناسب عكساً مع المسافة في الوقت نفسه). أدرك نيوتن عندها أنّ عليه التصرّف بسرعة كي يتميّز بإسهاماته الثوريّة في مجال العلوم، لذلك انطلق يكتب بإيقاع محموم، ورتّب كلّ ما يعرفه عن تركيب الكون. انعزل أكثر عن العالَم الخارجيّ لفترة مؤقّتة، وكان ينسى أن يأكل في كثير من الأحيان، وإن اختار الانضمام إلى زملائه في قاعة الطعام، كان كثيراً ما يتوه في المسافة القصيرة التي يستغرقها الوصول من غرفته إلى هناك (عندما يغادر غرفته، كان ينعطف أحياناً إلى اليسار لا إلى اليمين، كما روى مساعده لاحقاً، وعندما يدرك خطأه يستدير عائداً، لكنّه يتجاوز قاعة الطعام ويعود إلى غرفته). أحياناً، كان يكتب وهو واقف أمام طاولة مكتبه، دون أن يخطر له ترفُ الجلوس على كرسيّ! أخيراً، طُبِعَ كتاب البرنسيبيا عام 1687، وقوبل على الفور بالتهليل باعتباره أهمّ ما كُتِبَ في الفيزياء يوماً، وهو تكريم بوسعنا القول عنه اليوم إنّه ما زال يستحقّه.

يتوضّع الزمن في صلب وصْفِ نيوتن للعالَم: كان هدفه هو وصفُ الحركة رياضيّاً –والحركة هي بالطبع تغيّرٌ في موقع الجسم المتحرّك خلال الزمن– لكن ما قاله في البرنسيبيا حول الزمن، حيّر الفلاسفةَ والعلماء طويلاً. «أنا لا أُعَرِّف الزمنَ، ولا الفضاء، ولا المكان، ولا الحركة، باعتبارها كلّها معروفة للجميع» كتب نيوتن في الصفحات الافتتاحيّة لتحفته، من ثمّ تابع الكتابة بكلّ بساطة. لا شكّ أنّه تأثّر بأستاذه السابق الرياضيّ إسحاق بارو، الذي علّق ذات مرّة: «بما أنّ علماء الرياضيّات يستخدمون الزمن كثيراً، فلا بدّ أنّهم يملكون فكرة محدّدة عن معنى تلك الكلمة، وإلّا فهم دجّالون».

لماذا سيشعر نيوتن باضطراره إلى تعريف الزمن، إن كنّا جميعنا نعرف ما هو بالفطرة؟! لقد قال إنّ هدفه هو تمييز «الزمن الرياضيّ» عن المفهوم «العموميّ» للزمن الذي نتبنّاه جميعنا، وذلك كي يلغي «تحيّزاً محدّداً». وهكذا، سنقرأ تعريفه الشهير:

«الزمن الرياضيّ، الحقيقيّ، المُطلَق، بقدرته الذاتيّة وبطبيعته الخاصّة، يجري بانتظام دون أن تكون له علاقة بأيّ مرجع خارجيّ».

ما الذي يقوله نيوتن هنا بالضبط؟

الحركة كما ذكرنا هي تغيُّرٌ خلال الزمن، لكن كيف يُقاس الزمن؟! في عصر نيوتن، الساعات التي تقيس الوقت بدقّة دون أن يتعدّى مقدار خطئها بضع دقائق في اليوم، كانت ما تزال اختراعاً جديداً. بالتالي، توجّب على أيّ شخص تهمّه معرفة الوقت بدقّة أن يتطلّع إلى السماوات، أي إلى الحركات المنتظمة للشمس والقمر والنجوم. حتّى تلك الحركات -كما أدرك نيوتن أفضل من غيره- متغيّرةٌ ولا تخلو من عيوب: أورد في البرنسيبيا مثالاً عن «معادلة الزمن»، وهي المصطلح التقنيّ الذي يعبّر عن الاختلاف بين حركة الشمس اليوميّة في قبّة السماء -أي التوقيت الشمسيّ المأخوذ عن المزولة- وبين المتوسّط المثاليّ لتلك الحركة، أي ما ندعوه نحن اليوم بـ«التوقيت الشمسيّ المتوسّط». لا يمكن غضّ النظر عن ذلك الاختلاف، لأنّ التوقيت الذي تعطيه المزولة قد يختلف بمقدار يصل إلى عشرين دقيقة، تقديماً أو تأخيراً، عن التوقيت الشمسيّ المتوسّط... إذن، على ماذا نعتمد كي نحسب الوقت بلا أخطاء؟! ببساطة، أدرك نيوتن أنّه لا وجود لساعة مثاليّة نعتمد عليها في أيّ مكان، سواء على الأرض أو في السماء، حتّى النجوم التي تخضع للقوانين ذاتها التي تخضع لها الكواكب، لا تضبط الوقتَ بشكل دقيق.من ثمّ، بعد أن شرح عيوب الساعات الماديّة تلك، يستنتج نيوتن أنّه لا بدّ من وجود «ساعة كونيّة»، أي كرونومتر كونيّ مثاليّ، تُعتَبر الساعاتُ الحقيقيّة بمنزلة نسخة تقريبيّة عنه.

رؤية نيوتن للزمن مبنيّة على أعمال من سبقوه مثل غاليليو وديكارت، رغم أنّها مختلفة. غاليليو تخيّل الزمن بأسلوب هندسيّ، وكأنّه خطّ مُقسّم

إلى فواصل منتظمة، وشاركه إسحاق بارو[1] -سلف نيوتن- وجهة نظره تلك. رينيه ديكارت (1596-1650) اعتبر الزمن بمنزلة قياس للحركة، لكنّه اعتبر «المدّة» فكرةً شخصيّة كأنّها «طريقة في التفكير»، ورغم أنّه طوّر نظاماً متناسقاً لتحليل الفضاء هندسيّاً، فإنه لم يفكّر بالزمن من منظور هندسيّ. نيوتن قطع شوطاً أبعد، من خلال تصوّر كلّ من الزمان والمكان كتراكيب هندسيّة ذات وجودٍ حقيقيّ، كما يشرح الفيلسوف فيليب توريتزكي. لعلّه تأثّر بانتشار الساعة الميكانيكيّة المتزايد، التي شجّعت رغم عيوبها على «مماهاة الزمن مع المكان، وعزّزت أسبقيّة الزمن على الحركة».

ساعة نيوتن الكونيّة تعمل بإيقاع مستقلّ عن النجوم والكواكب، وعن وجهات نظرنا كذلك. إنّها ببساطة موجودة «هناك»، وحتّى لو اختفت كلّ المادّة من الفضاء، ستبقى تلك الساعة «هناك»، وهو مبدأ أساسيّ.

مشكلةُ الزمنِ المُطلَق

يمكننا أن نشتقّ كلّ المعادلات التي تتوقّع كيف سيتحرّك جسم ما، من خلال الإطار العامّ لعمل نيوتن. لقد درسنا أهمّها في المرحلة الثانويّة: لنفترض أنّ لدينا جسماً يتحرّك بسرعة ثابتة، في هذه الحالة، تُعطى المسافة التي يقطعها بالمعادلة: المسافة = السرعة × الزمن. المعادلات المماثلة الأعقد بقليل، توضّح لنا كيف سيتحرّك الجسم بالاستجابة لقوّة ثابتة تعطيه تسارعاً محدّداً، وهنا يدخل الزمن بمنزلة مُعامِل Parameter يصف كيف يتغيّر مقدار ما، بالمقارنة مع مقدار آخر.

احتاج نيوتن إلى إطار عامّ للزمن والفضاء المُنتظمَين كي يطوّر قوانينه تلك، ممّا سمح له بأن يتعامل مع الزمن والفضاء كمفهومين مُجرَّدين. في

1- في الحقيقة، عبّر بارو عن الزمن بلغة قريبة جدّاً من تلك التي استعملها نيوتن لاحقاً: «لا يتضمّن الزمن حركةً نظراً لطبيعته المتأصّلة المطلقة، كما أنّه لا يتضمّن توقّفاً، سواء تحرّكت الأجسام أم بقيت ثابتة، وسواء نمنا أو استيقظنا، الزمن يتابع مساره المتّسق المستمرّ». فالك

الواقع، تعريفه للزمن المطلق يسبقه تعريف للفضاء المطلق، صاغه بالكلمات نفسها تقريباً: «الفضاء المطلق بطبيعته الخاصّة، ودون أن تكون له علاقة بأيّ مرجع خارجيّ، يبقى دائماً متجانساً وغير متحرّك». هذه النسخة التجريديّة للزمان والفضاء كانت أساسيّة بالنسبة لنيوتن، إذ دون الزمن المطلق – إن قرّرنا مثلاً أنّه يجب قياس السرعة والمسافة وفقاً لساعة محليّة ما – ستفقد قوانينُه عالميّتَها[1].

اعترض عدد من الفلاسفة مباشرة على فكرة الزمن المطلق تلك، وجادلوا لمصلحة مفهوم «علائقيّ» relational للزمن، أي أنّ الزمن له معنى فقط من خلال علاقته بحركة جسم ماديّ. أحد أبرز مناصري هذا الرأي كان فيلسوفاً ورياضيّاً ألمانيّاً معاصراً لنيوتن، هو غوتفريد ليبْنِز (1646–1716)، الذي تبادل في السنة التي سبقت وفاته مراسلات مكثّفة مع مؤيّد لنظريّات نيوتن، هو اللّاهوتيّ الإنجليزيّ صامويل كليرك (1675–1729). الزمن وفقاً للنظريّة العلائقيّة هو ببساطة طريقة لمقارنة حدثٍ ما مع حدث آخر، وليس مستقلّاً عن العناصر الماديّة التي تشكّل الكونَ، بل على العكس: العناصر الماديّة وحركاتها هي في الواقع ما «تُعرِّف» مرورَ الزمن. قد نجادل أنّ هذا الرأي يتطابق مع تجربتنا عن العالَم: نحن لا نرى الزمن ولا نرى الفضاء، ما ندركه هو «حوادث» في الزمن وأشياء في الفضاء.

الفيزيائيّ لي سمولن من معهد بِريمِتر Perimeter في واترلو، أونتاريو، يطرح مقارنة مفيدة. تخيّلوا قاعة أوبرا فارغة، الصوت الوحيد المسموع فيها هو تكّاتُ مترونوم Metronome[2] نسيه أحدهم هناك. المترونوم يمثّل الزمن المطلق الذي تخيّله نيوتن، فهو يتكتك بشكل مستقلّ تماماً عن أي شيء آخر. من ثمّ، يدخل الموسيقيّون إلى القاعة –رباعيّ وتريّ مثلاً، أو فرقة جاز– يتجاهلون المترونوم (قد لا يستطيعون سماعه أصلاً)، ويبدؤون

1- أي أنّها لن تبقى صالحة وصحيحة في أيّ زمان ومكان، بل فقط في مكان تواجد الساعة المحليّة التي استخدمناها، ووفقاً لتلك الساعة حصراً. المترجمة

2- جهاز يُصدر ضربات مسموعة (أو أصواتاً أخرى) بفواصل منتظمة، تقدّر بعدد الضربات في الدقيقة. يستخدمه الموسيقيّون للتمرّن على العزف وفق إيقاع منتظم بسرعات مختلفة. المترجمة

بالعزف. «الزمن» الذي يظهر في موسيقاهم كما يشرح سمولين، هو الآن «زمنٌ علائقيّ يستند إلى تطوّر علاقات حقيقيّة بين الأفكار والجمل الموسيقيّة»، والموسيقيّون يصغون فقط بعضهم إلى بعض، و«من خلال تبادلهم الموسيقى، يصنعون زمناً فريداً خاصّاً بمكانهم ولحظتهم في الكون». من وجهة نظر نيوتن، زمنُ الموسيقيّين هو «ظلٌّ لزمن المترونوم المُطلَق الحقيقيّ»، أمّا من وجهة نظر ليبْنِز فالمترونوم هو «فانتازيا تُعمينا عمّا يحصل حقّاً»، والزمن الوحيد الموجود في القاعة هو «ما ينسجه العازفون معاً».



الفيلسوف الألمانيّ غوتفريد ليبنز الذي رفض فكرة نيوتن عن الزمان المطلق والفضاء المطلق، وطرح عوضاً عنها رؤية علائقيّة يُقاس فيها الزمن فقط بالنسبة لعلاقته مع حركة الأجسام الماديّة

ليس سهلاً أن نخترع منظومة قوانين ميكانيكيّة تعتمد على الزمن العلائقيّ، وبكل تأكيد لم يكن باستطاعة ليبنِز اكتشافها (آينشتاين فعل ذلك كما سنرى في الفصل القادم)، كما أنّ الفرضيّة العلائقيّة تطرح صعوبات خاصّة بها: إن كان الزمن هو الحركة، ماذا يحدث عندما تتوقّف جميع الحركات؟ هل سيتوقّف الزمن؟

بالنسبة للمؤمن بالزمن العلائقيّ، عليه أن يجيب بنعم: لا حركة، لا زمن. أمّا في نموذج نيوتن، فالزمن سيستمرّ بطريقة ما في الخلفيّة الميتافيزيقيّة.

نيوتن ضدّ ليبْنِز

خاض نيوتن وليبنز معركتهما أيضاً في ساحة اللّاهوت. عصرهما كان عصر الإيمان، وتوجّب على المفكّرين العظماء من أمثالهما أن يقوموا بأكثر من مجرّد تقديم شرح عن العالَم الماديّ: عليهم أن يبرهنوا كذلك أنّه من المنطقيّ بالنسبة لله أن يخلق العالَم على هذا الشكل. نيوتن وليبنز قاربا المسألة بطريقتين مختلفتين تماماً:

بالنسبة لليبْنِز، لا يفعل الله أيّ شيء بناء على نزوة، لا بدَّ من وجود سبب -تفسير منطقيّ- خلف كلّ فعل من أفعال الله، وهو ما يدعى بـ «مبدأ المنطق الكافي». برأيه، إن كان الزمن مطلقاً ومستمرّاً حتّى عندما لا يُلاحَظ أيّ تغيير، فلا بدّ أنّه كان يجري حتّى قبل أن يقوم الله بخلق الكون. إذن، في تلك الحالة، قام الله بخلق الكون في لحظة محدّدة... لكن لماذا ذلك التوقيت حصراً؟! لماذا ليس قبل خمس دقائق، أو بعدها؟! فاللحظات كلّها متشابهة أصلاً من منظور نيوتن. أفضل ردّ استطاع صامويل كليرك مناصرُ نيوتن أن يقدمّه، كان أنّ الله يقوم أحياناً بأفعال معيّنة جرّاء نزوة، وهو جواب لم يُرضِ ليبنز، الذي ردّ بأنّ رأياً كهذا «يتضمّن صراحة أنّ الله يتمنّى شيئاً ما دون وجود أيّ سبب مُقنِعٍ لرغبته تلك[1]».

في الصورة العلائقيّة، الحديث عن الزمن في غياب الأحداث هو عديم المعنى، لذلك ببساطة، لا يوجد زمن قبل خلق الكون. من وجهة نظر ليبنز، الله لم يخلق الكون في زمن ما، بل بالأحرى خلق الزمن جنباً إلى جنب مع الكون (أستميحكم عذراً! ليبنز كانت لديه مشاكله الخاصّة مع الزمن:

1- ما زال الجدل مستمرّاً حتّى اليوم. الفيلسوف جي. آر. لوكاس على سبيل المثال يقترح أنّ الله ربّما «اختار أن يُطلِق البغ بانغ عندما فعل ذلك في نهاية المطاف، لأنّه يجب أن يقرّر الانطلاق في وقت ما»، وشبّه ذلك بطلّابه في الجامعة الذين قد لا يرغبون بالنهوض من السرير، لكن أخيراً، دون سببٍ معيّن، يقرّرون النهوض. فالله

هل الزمن «حقيقيّ» إن لم يكن للحظة «طول»؟ إذ كيف لشيء ما أن يوجد» يسأل، «حيث لم توجد أجزاء أبداً من قبل؟ لم يتواجد قط أي مقدار من الزمن إلّا اللحظات، واللحظة بحدّ ذاتها ليست جزءاً من الزمن»).

اعتبر نيوتن نظريّته عن الزمن المطلق بمنزلة برهان على عظمة الله، رغم اعترافه باعتراضات ليبنز. في الواقع، مفهوم نيوتن عن الزمن المطلق والفضاء المطلق، قد يستند إلى إيمانه بإله أبديّ كليّ القدرة. بين كتاباته المنشورة، نجد هذه الصلة كأوضح ما يكون في «هوامش عامّة»، وهي عبارة عن ملحق موجز أضيف إلى الطبعة الثانية من كتاب البرينسيبيا عام 1713[1]:

«الله أبديّ ولا نهائيّ، كليّ القدرة وعليمٌ بكلّ شيء، وهو دائم من أبديّة إلى أبديّة، وموجود من اللّانهائيّة إلى اللّانهائيّة. إنّه ليس الأبدَ وليس اللّانهاية، بل أبديّ ولا نهائيّ. إنّه ليس المدّة والفضاء، بل هو دائم أبداً وموجود في كلّ مكان، ومن خلال وجوده دائماً وفي كلّ مكان يكوِّن المدّةَ والفضاء». كما كتب مؤرّخ العلوم ستيفن سنوِيلِن: «هذا الإله المهيمن، هو إله إيمان نيوتن وإله فلسفته الطبيعيّة... وهو كذلك إله زمن نيوتن وفضائه المُطلَقين. الله يأتي أوّلاً، لذلك يؤكّد الزمن المطلق والفضاء المطلق على امتداد الله اللّانهائي، وعلى ديمومته الأبديّة».

آمن نيوتن أيضاً بـ «الجدل اللّاهوتيّ» **Theological argument** العتيق، أي بأنّ الدليل على وجود خالق يُلاحَظُ في العالَم الطبيعيّ، إذ صرّح في «الهوامش العامّة»: «هذا النظام الفائق الجمال للشمس والكواكب والمذنّبات، لا ينبع إلّا عن رغبةٍ وهيمنةِ ذاتٍ قويّة وذكيّة». ممّا يثير الفضول أنّ نيوتن أصبح يُعرف بأبي فكرة «الكون الذي يعمل كالساعة»، وهو كونٌ أطلقَ اللهُ حركتَه في بداية الزمن، لكنّه الآن لم يعد بحاجة إلى التدخّل

1- لم تُفحَص مؤلّفات نيوتن الضخمة في مجال اللّاهوت، ومعظمها غير منشور، بشكل أكاديميّ إلّا مؤخّراً، ويظهر فيها مهووساً بالمسائل اللّاهوتيّة تماماً مثل العلوم، بل ربّما أكثر. رغم أنّه مسيحيٌّ ورع -امتلك ثلاثين إنجيلاً عند موته- لكنّ آراءه الدينيّة ليست تقليديّة على الإطلاق: أنكر الثالوث المقدّس واعتبره نوعاً من تعدّد الآلهة، وهو ما كان بمنزلة في جريمة في عصره، ولو أنّه أعلن آراءه صراحة على الملأ خلال سنواته في كامبريدج، لتمّ طرده من كليّة ترينيتي على أقلّ تقدير. فالك

الإلهيّ[1]. نيوتن كان ضدّ الفكرة تماماً بكلّ الأحوال، فقد آمن بخالق في حالة فعّاليّة دائمة، يدعم بقاء قوانين الطبيعة ويتدخّل فيها عند الضرورة، والكون -مثل آليّاته- مشروط بالوجود الإلهيّ... وهنا أيضاً عارضه ليبنز، فكيف يمكن لله، وهو الكمال بعينه، أن يكون أخرق بحيث يبني كوناً يحتاج صيانة دوريّة؟!

جريانٌ غير موجود

دعونا نراجع تعريف نيوتن مرّة ثانية: «الزمن المطلق، الحقيقيّ، والرياضيّ... الذي يجري بانتظام» كما يقول لنا، لكن ما هو «الجريان» تحديداً؟! جريان الزمن هو ظاهرة لطالما تجادل حولها الفلاسفة. عادة، عندما نقول عن شيء ما إنّه يجري، نقصد أنّه يجري بمعدّل معيّن بالنسبة إلى شيء آخر. النهر مثلاً، يجري بمعدّل ما بالنسبة إلى ضفّتيه، ويمكننا أن نقيس معدّل جريانه بـ لتر/ ثانية أو بوحدات مشابهة. لكن... يجري الزمن نسبةً إلى ماذا؟ وما هو معدّل جريانه؟ «يجري الزمن بمعدّل ثانية في الثانية» هي عبارةٌ عديمة المعنى، إن كان الزمن «شيئاً» يمكن قياس جريانه، فلا بدّ من قياسه نسبة إلى «زمن فائق» أعمق Hypertime. في حقبة 1960، شرح الفيلسوف جاك سمارت مشكلتنا بوضوح: «لو جرى الزمن... ستكون هذه حركةً بالنسبة إلى زمن فائق. إن قُدِّرَتِ الحركةُ في الفضاء بـ قدم / ثانية، إذن ما هي سرعة جريان الزمن؟! ثوانٍ في ماذا؟! وأيضاً، إن كان الجريان هو جوهر الزمن، فهو كذلك جوهر الزمنِ الفائق افتراضيّاً، وبالتالي نحتاج إلى وجود زمنٍ ما – فوق الزمنِ الفائق، وهكذا إلى ما لا نهاية». أشار الفيلسوف هيو برايس بدوره، إلى أنّ الجدل حول جريان الزمن لا معنى له، ولا معنى كذلك للحديث عن «الاتّجاه» الذي يجري فيه. القول إنّ الزمن يجري من

1- رغم أنّ المفهوم يرتبط باسم نيوتن غالباً، لكنّ مجاز الساعة هذا أقدم بكثير في الحقيقة، إذ يمكن تتبّع أصوله بدءاً من القرن الثالث عشر في أعمال مفكّرين مثل نيكولاس أوريسم ويوهان دي ساكروبوسكو، ومن أنصاره فيما بعد كلّ من ديكارت والكيميائيّ روبرت بويل (1627–1691). يعتبر بعض الفلاسفة أنّ نيوتن هو في الحقيقة مفكّرٌ «ضدّ الميكانيك»، لأنّ مبدأ الجاذبيّة الذي وضعه يسمح بـ «التأثير عن بُعد». فالك

الماضي إلى المستقبل لا يفيدنا، لأنّنا أصلاً نعرّف الماضي والمستقبل بهذه الطريقة.

لا يعود نيوتن إلى «جريان الزمن» مجدّداً بعد أن يذكره في تعريفه الشهير. في الواقع، قوانين الحركة التي وضعها، لن تساعدنا في التمييز بين الماضي والمستقبل، نظراً لأنّ كلّ المعادلات التي صاغها هي متناظرة زمنيّاً، أي أنّها صحيحة لوصف ظواهر الطبيعة بغضّ النظر عن «اتّجاه» الزمن.

عندما نفكّر بقوّة قوانين نيوتن، نفكّر عادة كيف ساعدتْنا على التنبّؤ بالأحداث المستقبليّة، ابتداءً من مسار جسم مقذوف إلى مدار الكواكب، ولعلّ أحد الأمثلة الرئيسيّة على ذلك هو توقّعُ عودة مذنّب هالي: وظّف الفلكيّ إدموند هالي التقارير عن ظهور المذنّب في السابق جنباً إلى جنب مع معادلات نيوتن، وتوقّع أنّ المذنّب المتّقد الذي شوهد عام 1682 سيظهر مجدّداً في عام 1759 (وهو ما حصل في الواقع، لكنّ هالي توفّي عام 1742 ولم يشهد صحّة تنبّؤاته. تمّ تكريمه بالطبع في نهاية المطاف بإطلاق اسمه على المذنّب). أحد رفوف مكتبتي يضمّ كتاباً يحدّد توقيت كسوف الشمس وخسوف القمر خلال العقد القادم بالساعة والدقيقة، وكان يمكن أن تغطّي المواعيد ألفَ سنة قادمة لو أراد مؤلّفه ذلك. وكالة ناسا تحدّد التوقيت بالثواني عندما تنشر بياناتها عن مواعيد الكسوف والخسوف في الأعوام القادمة، وتقرّب بعض الأرقام إلى جزء من $\frac{1}{10}$ ثانية. تلك التنبّؤات تعتمد على الطبيعة «الحتميّة» لقوانين نيوتن: إن عرفنا حالةَ منظومة ما في لحظة محدّدة، يمكننا من حيث المبدأ أن نتوقّع حالتها في أي وقتٍ في المستقبل. عالم الرياضيّات والفلكيّ الفرنسيّ بيير – سيمون لابلاس (1749–1827) اعتنق الرؤية الحتميّة للعالَم بحماس عندما أعلن:

«يمكننا اعتبارُ الحالة الراهنة للكون بمنزلة نتيجةٍ لماضيه، وسببٍ لمستقبله. إن عرفَ العقل في لحظةٍ معيّنة كلَّ القوى التي تحرّك الطبيعةَ، ومواقعَ كلّ العناصر التي تتألّف منها الطبيعة، وإن كان هذا العقل رحباً بما فيه الكفاية كي يحلّل كلّ تلك البيانات، فإنّه سيجسّد في معادلة وحيدة حركاتِ جميع الأجرام السماويّة الكبرى، بالإضافة إلى حركات أصغر الذرّات. بالنسبة لذلك العقل، لن يوجد أيّ شيء غير محدّد، وسيكون المستقبل مثل الماضي تماماً ماثلاً أمام عينيه».

لاحظوا عبارة «المستقبل مثل الماضي»: أدرك لابلاس أنّ معادلات نيوتن صحيحة أيضاً بالاتّجاه العكسيّ، أي أنّها تتيح له حساب التوقّعات في كلّ من اتّجاهي الزمن. مثلاً، بعد متابعة جرم سماويّ ما، يمن للفلكيّين أن يحسبوا مقاييس مداره، ومن خلالها يتنبّؤون (أو لنقل يقومون بالتنبّؤ الراجع) بموقعه في لحظة ما من الماضي. هذه التقنيّة لا تقدّر بثمن بالنسبة لعلماء فلك الآثار وللمؤرّخين، الذين يستخدمونها لتأريخ النصوص القديمة، من خلال حساب توقيت حصول أيّ حدث فلكيّ قديم مذكور في تلك النصوص، كالكسوف أو الخسوف أو ارتصاف الكواكب.

لكن... هل يمكن للموادّ المعقّدة مثل البشر، أو الحيوانات، أن «تعود» بالزمن إلى الخلف؟! نحن هنا أمام معضلة، المنطق يملي علينا أنّنا لا نستطيع، ومعظم الظواهر الطبيعيّة غير قابلة للعكس كما هو واضح. مع ذلك، معادلات نيوتن لا تمنعنا من العودة إلى الخلف، لأنّها متناظرة زمنيّاً كما رأينا. لاحظ اللورد كلفن في مجلّة نايتشر Nature عام 1874، أنّ التناظر الرياضيّ بين الماضي والمستقبل موجود ضمناً في قوانين نيوتن:

«إن كانت حركة أيّ جزيء من المادّة الكونيّة عكوسة تماماً في أيّ لحظة، سينعكس مسار الطبيعة إلى الأبد ببساطة. فقاعات الزبد التي ترغي أسفل الشلّال ستتّحد وتغوص في الماء، حيث ستتركّز طاقة الحركات الحراريّة من جديد، من ثمّ تقذف بالكتلة إلى أعلى الشلّال على شكل قطرات تكوّن عموداً صاعداً من الماء... الكائنات الحيّة ستنمو لكن بالاتّجاه الزمنيّ المعاكس، وستتمتّع بمعرفة واعية عن المستقبل، لكنّها لن تتذكّر شيئاً عن الماضي، وستصبح من جديد غير مولودة». بلا شكّ، نحن لا نرى أبداً تلك الأحداث الخياليّة التي وصفها كلفن، فناجين الشاي المكسورة لا تلتحم من تلقاء ذاتها، البيض المخفوق لا يرجع بيضاً سليماً، والموسيقى المُسجّلة لا تبدو موسيقى على الإطلاق عندما تُعزَف بالمقلوب (على الرغم من هِبَة «شيطاني اللطيف» المزعومة في أغنية ليد زيبلين «سلّم إلى السماء»، والتلميحات عن «موت بطرس» في بعض أغاني البيتلز). عوضاً عن ذلك، الزمن –رغم التناظر الرياضيّ في معادلات نيوتن– له اتّجاه محدّد كما يبدو.

فكّروا بكرة تتدحرج على سطح طاولة بلياردو. إن تخيّلنا أنّ الاحتكاك على السطح معدوم، وأنّ الاصطدام مع الوسائد المطّاطيّة مرنٌ تماماً، ستتدحرج الكرة إلى الأبد في هذه الحالة، وسترتدّ عن الوسائد المطّاطيّة كلّ بضع ثوان، وستبقى سرعتها ثابتة. لو صوّرنا هذا السيناريو المملّ لبضع دقائق، سنحصل على فيلم يمكن أن نعرضه من البداية إلى النهاية، ومن النهاية إلى البداية على حدّ سواء، ولن يكون أمام المشاهِد أيّ طريقة كي يعرف بأيّ اتّجاه من الاتّجاهين المحتَمَلين تُعرَض اللقطات (الأمر ذاته ينطبق على الحركات وفق المقاييس الكبرى، شرطَ أن تكون حركات بسيطة: فيلم عن الأرض التي تدور حول الشمس مثلاً، سيبدو للمشاهِد منطقياً تماماً إن تمّ عرضه بالمقلوب من النهاية إلى البداية). استناداً إلى قوانين نيوتن، سلوكُ كرة البلياردو متناظرٌ زمنياً. إن أضفنا كرة ثانية، ستبدو لنا حركة كلّ منهما متطابقة بالاتّجاه إلى الأمام (المستقبل)، أو إلى الخلف (الماضي) في الزمن، رغم أنّها معقّدة أكثر لأنّ كلّاً من الكرتين ستصطدم بالأخرى، وبالوسائد المطّاطية. مع ذلك، كما في المثال السابق، سيبدو الفيلم منطقياً، سواء عُرِضَ إلى الأمام أو إلى الخلف. حتّى لو أضفنا عشر كرات ترتدّ على الطاولة، لن نحصل على «اتّجاه» واضح ضمن الزمن، ما دامت الكرات تبدأ حركتها بعد أن تتبعثر عشوائياً على الطاولة.

افترضوا الآن أنّنا فرضنا بعض الترتيب على الكرات، من خلال جمعها بواسطة المثلّث البلاستيكيّ المخصّص لهذه الغاية. من ثمّ، نضع كرة التصويب في موقعها، نصوّب، و«نكسر» تشكيلة الكرات المرتّبة بعناية، وها نحن أولاء ننتقل من الترتيب إلى عدمه. قد تبقى بضع كرات بعضها بجانب بعض، لكنّ عدم انتظامها -أي عشوائيّتها- سيزداد ما إن يصوّب اللاعب التالي عليها. يستعمل علماء الفيزياء مصطلح الإنتروبيا **Entropy** لحساب مقدار عدم الترتيب في نظام ما، بمعنى أنّ الإنتروبيا تزداد كلّما شارك أحد اللّاعبين بدوره.

الأحداث هي بكلّ تأكيد غير متناظرة زمنيّاً، سندرك على الفور أنّ الفيلم

يُعرَض بشكل عكسيّ من النهاية إلى البداية، وسنعرف بخبرتنا أنّ تشكيلة عشوائيّة من كرات البلياردو، لن تُرتِّب نفسها تلقائيّاً على شكل مثلّث مرصوص أنيق: الإنتروبيا لا تتناقص في الطبيعة، وسنرى نموذجاً واحداً، سواء كانت الأشياء كبيرة مثل كرات البلياردو، أو مجهريّة مثل جزيئات غازٍ ما. تخيّلوا أنّ لدينا حاوية فيها حجرتان منفصلتان تماماً تتّصلان بواسطة صمام، إحداهما مليئة بغاز النتروجين والأخرى بغاز الأكسجين. سنفتح الصمام، ماذا يحصل؟ ستدخل بعض جزيئات غاز النتروجين مباشرة إلى حجرة الأكسجين، والعكس بالعكس. بعد عدّة دقائق، سيمتزج النتروجين والأكسجين بشكل جيّد، وستستمرّ الجزيئات بالقفز في أرجاء الحجرتين كما لو أنّها كرات بلياردو، لكنّها لن تستعيد ترتيبها الأصليّ مطلقاً: لن تمتلئ الحجرة الأولى مجدّداً بالنتروجين الصافي، ولن تمتلئ الثانية بالأكسجين الصافي كذلك. لو كانت الجزيئات ملوّنة -كالقهوة والحليب مثلاً، لا النتروجين والأكسجين- وصوّرناها، سيرينا الفيلم ببساطة كيف تمتزج، وأذكّركم هنا أنّ الفيلم سيبدو ذا مغزى فقط إن تمّ عرضه باتّجاه وحيد، من البداية إلى النهاية: لن ينفصل المزيج من تلقاء نفسه أبداً إلى عنصرين صافيين في الحجرتين المنفصلتين.

المبدأ الذي يعلّل الأمثلة السابقة يُعرَف بالقانون الثاني في الترموديناميك، وينصّ على أنّ مقدار عدم الترتيب في منظومة مغلقة[1] -أي مقدار الإنتروبيا- لا يمكن أن يتناقص مع مرور الزمن، بل يجب أن يتزايد (أو أن يبقى ثابتاً في أفضل الأحوال).

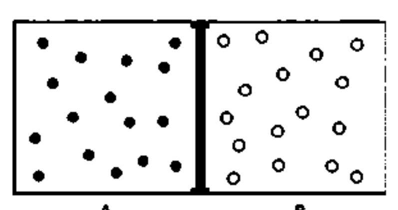
سألفت نظركم إلى خاصّتين هامّتين من خواصّ القانون الثاني. أوّلاً، طبيعته إحصائيّة، أي أنّه لا ينطبق على كرة بلياردو وحيدة، بل يتيح لنا أن

1- المنظومة المغلقة هي منظومة معزولة عن المؤثّرات الخارجيّة. طاولة البلياردو في الواقع ليست منظومة مغلقة لأنّ اللاعبين سينقرون كرة التصويب باستمرار، وسيسبّبون تناقصاً في الإنتروبيا، أوّلاً من خلال ترتيب الكرات وثانياً من خلال جعلها تسقط في الفتحات. كي نتخيّل القانون الثاني في الترموديناميك على نحو أفضل، دعونا نعتبر أنّنا قمنا بعزل الطاولة مباشرة بعد الضربة الأولى لكرة التصويب: إن كان احتكاك السطح معدوماً، ولا توجد فتحات للطاولة، سنجد أنّ الإنتروبيا تتزايد تدريجيّاً مع مرور الوقت، إلى أن تتبعثر الكرات عشوائيّاً فوق الطاولة. فالك

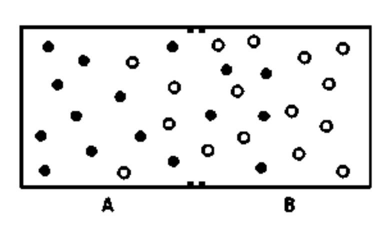
نصف حركة تشكيلة من عدّة كرات. ثانياً، هذا القانون يكشف لنا عن نوع من عدم التناظر المتأصّل في العمليّات التي تضمّ أعداداً كبيرة من الجزيئات أو الأجسام، وعدمُ التناظر هذا هو ما نتصوّره كمؤشّرٍ على جريان الزمن. في عام 1927، استعمل الفلكيّ البريطانيّ آرثر إدِنغتون (1882–1944) عبارة «سهم الزمن» كي يصف عدم التناظر ذاك، وما يزال هذا المجاز الحيويّ مستعملاً حتّى اليوم. بالنسبة لإدنغتون، يحتلّ القانون الثاني في الترموديناميك المرتبةَ الأعلى بين قوانين الطبيعة.

الطبيعة الإحصائيّة للقانون الثاني، تجعلنا نفهم لماذا تتطوّر المنظومات المعقّدة باتّجاه واحد فقط. هناك مليارات الطرق لترتيب عشر كرات بلياردو عشوائيّاً على الطاولة، بالمقابل، هناك عدّة طرق لا غير لترتيبها في مثلّث مرصوص (الترتيب الذي نضعها فيه قبل أن تنفرط). عندما تتحرّك الكرات عشوائيّاً مع مرور الزمن، سنرى أنّه من المستحيل بالنسبة لها أن تستعيد ترتيبها الأصليّ، وهذا النقاش ينطبق على جزيئات الغاز في الحاوية، أو على فنجان الشاي المكسور في مثال آخر: يمكن أن ينكسر الفنجان بطرق عديدة، لكن هناك طريقة واحدة فقط لإلصاق شظاياه مجدّداً بعضها مع بعض. نظريّاً، يمكن لفنجان الشاي المكسور أن يعيد جمع قطعه من تلقاء ذاته –قوانين نيوتن لا تمنع ذلك– لكن هذا احتمال غير وارد على الإطلاق استناداً إلى القانون الثاني في الترموديناميك، ونحن لا نتوقّع إطلاقاً في حياتنا اليوميّة أن نرى شظايا فنجان شاي تلتحم من تلقاء ذاتها، إنّه حدثٌ غير محتَمل أبداً، ولن نتوقّع أصلاً أن نشهده.

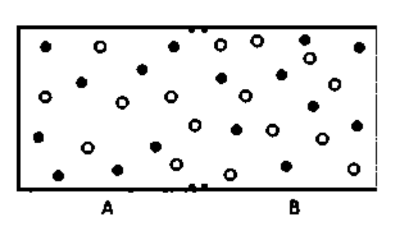
القانون الثاني في الترموديناميك



1– هناك حاجز يفصل ما بين الحجرة A التي تحتوي على غاز النتروجين (الدوائر السوداء) والحجرة B التي تحتوي على غاز الأكسجين (الدوائر البيضاء)



2- عند إزالة الحاجز، سنجد أن بعض جزيئات النتروجين تنتقل إلى الحجرة B، وبعض جزيئات الأكسجين تنتقل إلى الحجرة A



3- سرعان ما تمتزج جزيئات الغازين تماماً امتزاجاً غير عكوس، أي أنّ الجزيئات لن تنفصل من تلقاء ذاتها أبداً. هذه السيرورة 1 ← 2 ←3 التي يوجّهها القانون الثاني في الترموديناميك، تبدو مرتبطة بسهم الزمن

في كلّ الأمثلة السابقة، وفي أيّ منظومة مغلقة أخرى، يكشف سهم الزمن عن نفسه وكأنّه تغيّرٌ في مقدار عدم الترتيب في المنظومة، وهذا التغيّر يتّجه دائماً من الإنتروبيا المنخفضة إلى إنتروبيا أعلى[1].

قد يسبّب لنا القانون الثاني في الترموديناميك بعض الإحباط، لأنّه يقترح أنّ «الترتيب» عابر، مهما نظّفنا القبو ستنتصر الإنتروبيا في النهاية، أجسادنا ستستسلم لها في نهاية المطاف، وربّما حضارتنا كذلك. الكيميائيّ بيتر ألكينز

1- التغيّر في حالة الإنتروبيا وفق القانون الثاني للترموديناميك هو أحد الأسباب التي توحي لأدمغتنا بجريان الزمن، وهذا التغيّر يسير دائماً من حالة إنتروبيا منخفضة (ترتيب كبير + عشوائيّة منخفضة) إلى حالة إنتروبيا عالية (ترتيب قليل + عشوائيّة مرتفعة) في المنظومات المغلقة، وبالتالي يبدو الزمن كأنّه يتّجه دائماً من الماضي إلى المستقبل أشبه بسهم، ولا يمكن أن يعود من المستقبل إلى الماضي. على العكس تماماً، معادلات نيوتن «متناظرة» زمنياً، أي أنّ الزمن يمكن أن يتحرّك وفقها إلى الأمام (المستقبل) أو إلى الخلف (الماضي) على حدّ سواء. المترجمة

من جامعة أوكسفورد لخّص هذا التشاؤم عندما كتب: «نظرتُ من النافذة إلى العالَم الذي يحكمه القانون الثاني، واكتشفتُ عدم وجود غاية للطبيعة... كلّ التغيّرات، بالإضافة إلى سهم الزمن، تشير باتّجاه الخراب. تجربة الزمن هي الآليّة التي تحرّك العمليات الإلكترو- كيميائيّة في دماغنا، باتّجاه الانزلاق عديم المغزى صوب الفوضى، عندما نغرق باتّجاه التوازن والقبر».

لا بدّ أنّ القانون الثاني في الترموديناميك يخبرنا بأمر ما عن سهم الزمن، رغم أنّ الصلة بينهما ليست مباشرة كما تبدو في البداية. هل شرحنا حقّاً الفرقَ بين الماضي والمستقبل؟ فكّروا مجدّداً بحالة ذات إنتروبيا منخفضة، ككرات بلياردو تشغل ترتيباً مرصوصاً في أحد أطراف الطاولة. من المؤكّد أنّنا بالاتّجاه نحو الأمام في الزمن، نتوقّع أنّنا سنرى حالة ذات إنتروبيا أعلى، أي تشكيلة كرات غير مرتّبة. لكن تذكّروا: القوانين التي نستعملها كي نتوقّع حركة الكرات، هي متناظرة زمنيّاً بشكل تامّ. إن رتّبنا الكرات بشكل مثلث مرصوص، وحاولنا أن نحزر ما هو الترتيب الأكثر احتمالاً في الماضي -وإن حاولنا أن نتوقّع كيف سيبدو فيلم نبدأ بعرضه من اللحظات الأخيرة رجوعاً إلى بدايته- لا بدّ أنّنا سنتوقّع حالة ذات إنتروبيا عالية. بكلمات أخرى، إن بدأنا بحالة معيّنة ذات إنتروبيا منخفضة، سيدلّنا الجدل الإحصائيّ الذي طبّقناه في الأمثلة السابقة على أنّ الإنتروبيا تزداد، ليس بالاتّجاه صوب المستقبل فقط بل صوب الماضي كذلك، وهي نقطة خفيّة لكنّها في غاية الأهميّة: التحليل ذاته الذي نستعمله كي نتوقّع أنّ منظومة ذات إنتروبيا منخفضة ستتطوّر إلى منظومة ذات إنتروبيا عالية في المستقبل، يمكن أن نستخدمه كي نتوقّع أنّ المنظومة ذات الإنتروبيا المنخفضة سبقتْها في الماضي منظومة ذات إنتروبيا عالية على الأغلب[1]... لكنّنا سنكون مخطئين تماماً! كرات البلياردو المرتّبة بشكل مثلث مرصوص سُبِقَتْ في الواقع بشخص قام بترتيبها، لا بكرات تتدحرج عشوائيّاً إلى ذلك الترتيب، معظم فناجين الشاي السليمة سُبِقَت

1- يُسمّى هذا بمفارقة لوشميدت Loschmidt's paradox نسبة للعالم النمساويّ جوزيف لوشميدت 1821–1895. فالك

بشخص يصبّ الشاي فيها، لا بشظايا الخزف المتناثرة التي يلتحم بعضها مع بعض تلقائيّاً... من الواضح أنّ تحليلنا قاصر!

ينصّ القانون الثاني في الترموديناميك أنّه إن كانت لدينا حاليّاً منظومة ذات إنتروبيا منخفضة، سنتوقّع أنّها ستتحوّل إلى أخرى ذات إنتروبيا مرتفعة في المستقبل، لكنّه لا يشرح لنا أبداً سبب وجود منظومة ذات إنتروبيا منخفضة الآن. ربّما يجب أن نبحث أبعد في الماضي: ما هي الأحداث التي وقعت في الماضي، وجعلتنا نعيش اليوم في كونٍ ذي إنتروبيا منخفضة؟ ربّما نفهم جذور القانون الثاني فقط من خلال السياق الأكبر للكوزمولوجيا، أي من خلال أصول الكون وتطوّره. ربّما بدأ الكون بحالة إنتروبيا منخفضة جدّاً، ممّا يفسّر سبب تزايدها الذي نلاحظه اليوم. هذه الفكرة لا تخلو من مشاكل، وسنناقشها في الفصل الحادي عشر بالتفصيل. على الأقلّ، اكتشفنا لماذا يجب أن نكون حذرين عندما نقول إنّ القانون الثاني «يفسّر» سهم الزمن.

فاصل فلسفيّ: الجزء الأوّل

لا يفاجئنا أنّ الفلاسفة سبقوا الفيزيائيّين بكثير في الصراع مع ألغاز الزمن الكثيرة. بالطبع، في عصر نيوتن وليبنز، الفلسفة كانت تشمل كلّ شيء تقريباً، وما ندعوه بالعلم في يومنا هذا كان يُدرَس آنذاك تحت مسمّى «الفلسفة الطبيعيّة». العديد من الثيمات الرئيسيّة التي دامت قروناً، وبعضٌ من جدالات اليوم، بدأ في العصور القديمة.

أربك الإغريق أنفسهم بمشكلة الحركة: كيف لجسم ما أن يتغيّر، ومع ذلك يبقى الجسم ذاته؟ هل «الزمن» هو مرادف آخر لـ «التغيّر»؟ بالنسبة للعديد من المفكّرين الإغريق، كان الزمن في الحقيقة مبدأً ثانويّاً مقارنة مع الأفكار المركزيّة عن الحركة أو التغيّر، ومن ضمن أولئك المفكّرين هيراقليط الذي التقيناه في الفصل الرابع. من وجهة نظره، التغيّرُ هو الأهمّ، كما أنّه رأى كلّ الأشياء كأنّها موجودة ضمن تيّار. من فرضيّاته المشهورة:

«لا يمكن للرجل أن يغطس في النهر نفسه مرّتين»، لأنّه ليس الرجل نفسه، والنهر ليس النهر ذاته. عارضه بارمينِدس، بل وتوصّل إلى استنتاج مميّز هو أنّ الزمن غير موجود. حجّته كانت كالتالي: أي شيء ندركه لا بدّ أن يكون له وجود دائم، وأيّ شيء يمكننا أن نتكلّم عنه، أو أن نفكّر به «لا يُخلَق ولا يُدمَّر، إنّه كاملٌ، فريد من نوعه، لا يتحرّك، ومثاليّ». بالنسبة لبارمينِدس، هذا التفكير المنطقيّ ينفي التغيّر: ما يكون، يكون ببساطة، والتغيّر هو وهمٌ حتماً. فكرةُ أنّ معظم ما ندركه هو وهم وجدت صدىً في أعمال أفلاطون، لكنّ أفلاطون لم ينفِ إدراكنا المَعيب ببساطة، بل حاول أن يفهم كيف يرتبط بالحقائق الأعمق عن العالَم الذي يحيط بنا. برأيه، من غير الممكن رفض الزمن على أنّه وهم، لذلك قام بعد جهد جهيد بدمجه في الكوزمولوجيا – أي في كيفيّة تصوّره للكون– كما مرّ معنا باختصار في الفصل الرابع. أرسطو كما رأينا، اعتبر أنّ الزمن يستوجب التغيّر (وهو رأي سيظهر مجدّداً مع ليبنز بعد ألفي عام)، وتصارع مع مفهوم «الآن» معتبراً مرور الزمن بمنزلة تعاقب سلسلة من «الآن» –أي تعاقب اللحظات– ومع ذلك، لم يعتبر أن الزمن «مؤلَّفٌ» من تلك اللحظات. بالنسبة له، الزمن لا يتركب من «لحظات»، تماماً مثلما لا يتركّب الخطّ من نقاط متتالية (لا يمكن لنقطتين أن تتلامسا كما استنتج، مهما حاولنا تقريبهما سيكون بمقدورنا دوماً حشرُ نقطة ثالثة بينهما)، لكنّه تعثّر بسؤال آخر على ما يبدو: بماذا تقوم تلك «الآن» حقّاً؟ هل هي ستاتيكيّة؟ هل تشبه كلّ لحظة منها بقيّةَ اللحظات؟ أم أنّ «الآن» تجري بشكل ما من خلال الزمن، أو معه؟

وها هو السؤال عن الجريان الظاهريّ للزمن يهزم أدقّ المفكّرين من جديد!

هل المستقبل حقيقيّ؟

تصارع أرسطو بدوره مع التميز بين الماضي والمستقبل. هل المستقبل «حقيقيّ»؟ بلا شكّ، لا يبدو المستقبل حقيقيّاً بقدر الحاضر أو الماضي. المستقبل غير محدّد، ولا يمكننا أن نتكلّم عن الأحداث المستقبليّة باليقين ذاته، الذي نتحدّث به عن أحداث الماضي أو الحاضر. المستقبل أشبه

بسراب، أمّا الماضي فهو بمنزلة نقشٍ على حجر، والحاضر ماثلٌ أمام أعيننا مباشرة، أمّا المستقبل فيرتسم كضباب من الاحتمالات اللّانهائيّة.

تفحّص أرسطو تصريحاتٍ مثل «ستحدث معركة بحريّة غداً»، وبدا له أن حقيقة مثل هذا التصريح غير محدّدة، لأنّها مشروطة باختيار الجنرالات أن يشنّوا معركة في اليوم التالي. استنتج أنّ هذه التصريحات عن أحداث المستقبل، ليست صحيحة ولا خاطئة: قد يكون أحد الاحتمالات وارداً أكثر من غيره، لكن هذا هو كلّ ما يمكننا أن نحدّده لا غير، أي أنّ المستقبل بالنسبة لأرسطو هو وجودٌ احتماليّ.

اعتنق اللّاهوت المسيحيّ العديدَ من آراء أرسطو حول العالَم، بعد أن عدّلها بحيث تتوافق مع احتياجاته. يخبرنا أوغسطين في «الاعترافات» عن صراعه مع الفلسفة، بالتوازي مع بحثه الروحيّ الذي قاده إلى اعتناق المسيحيّة أخيراً، حيث قام بفحص الرؤية اليهوديّة - المسيحيّة لخلق العالَم، واستنتج فوراً أنّها تطرح أسئلة صعبة عن الزمن والأبديّة. هل خلق اللهُ العالَم في «وقت» محدّد؟ إن كان الجواب نعم، إذن ما الذي كان الله يفعله قبل أن يقوم بذلك؟! كما رأينا، إنّها المعضلة ذاتها التي ستؤرّق ليبنز بعد مرور أكثر من ثلاثة عشر قرناً، كما أنّ أوغسطين توصّل إلى الاستنتاج نفسه: برأيه، الله خلقَ الزمنَ بالتوازي مع خَلْق الكون.

بعدها، انتقل أوغسطين إلى التفكّر في مسألة التميز بين الماضي والحاضر والمستقبل، وحيّره «الجريان» الظاهريّ للزمن. في نهاية المطاف، أسبغ على «الآن» حالةً خاصّة: إنّها بشكل ما أو بآخر حقيقيّة أكثر من الماضي أو المستقبل. في الواقع، يجادل أوغسطين أنّ «الآن» تتضمّن كلّاً من الماضي والمستقبل نوعاً ما، لأنّ الحاضر يحوي ذكرياتِنا عن الماضي، وتوقّعاتِنا عن المستقبل. النسخة الأشدّ تطرّفاً من موقفه هذا -أي إنكار وجود الماضي والمستقبل كلياً- تُدعى بالحاضريّة presentism.

مهما كان رأينا باستنتاجات أوغسطين، قيامه بربط الزمن مع الوعي البشريّ هو ملاحظة مهمة للغاية، تعرّفنا إليها بإيجاز مع ديكارت، وستتكرّر معنا عدّة مرّات في قصّتنا.

نوعان من الزمن

كلّ من فكّر بجديّة بمسألة الزمن، سيلاحظ أنّنا نتكلّم عنه بطريقتين مختلفتين. عندما نتحدّث عمّا حدث للتوّ، وما يحدث الآن، وما لم يحدث بعد، نحن نبني صورة عقليّة نسبيّة للأحداث وفق علاقتها باللحظة التي نمرّ بها الآن. نحن نستعمل مصطلحات «الماضي» و«المستقبل»، كي نصف كيف تترابط تلك الأحداث مع اللحظة الراهنة، كما تأخذ الأفعال التي نستعملها لوصف حدث معيّن «صيغةً نحويّة» ملائمة: طبختُ بعض الباستا، أنا أتناول العشاء، سوف أغسل الأطباق. كلّ هذه التصريحات نسبيّةٌ، «أنا آكل الباستا» لن تبقى صحيحة ما إن أنتهي من الأكل مثلاً، لأنّ هذه العبارات تصف الأحداث بالنسبة إلى «الآن»، و«الآن» تتغيّر باستمرار.

عندما نتخيّل الزمن بمنزلة خطّ -كما فعل غاليليو ونيوتن- نستعمل مقاربةً مختلفة: نقوم بإرفاق الأحداث المختلفة بصفات معيّنة، كي نشير إلى موقع ظهورها على ذلك الخطّ الزمنيّ. هذه وجهة نظر ستاتيكيّة أكثر، ونحن نستعمل اللغة بشكل مختلف عندما نصف الأحداث من منظورها (في الحقيقة، حتّى استخدام كلمة «ستاتيكيّة» مضلّلٌ نوعاً ما، لأنّها تقترح نوعاً من «ما – وراء –الزمن» يمرّ في خلفيّة المشهد. عوضاً عنها، يجب أن نتخيّل ترتيباً غير محصور بزمان ما، أو مكان ما، للأحداث). عندما نقول: «تمّ توقيع إعلان الاستقلال في 4 تموّز 1776» فلا داعي لذكر أنّه حدثٌ وقع في الماضي نسبة إلى اللحظة الراهنة، وكذلك عندما نقول: «سيحدث كسوف عام 2017»، فلا داعي لذكر أنّه حدث سيقع في المستقبل نسبة إلى اللحظة الراهنة. عوضاً عن ذلك، تلك العبارات تبدو كأنّها حقائق ثابتة عن العالَم.

الفيلسوف البريطانيّ جون ماك تاغارت (1866–1925) وضّح هذا الفرق في مقالته المهمّة «وهمُ الزمن» عام 1908، وفيها يسمّي طريقتي التفكير السابقتين بالسلسلة أ والسلسلة ب. السلسلة أ تمثّل ببساطة مفهومنا اليوميّ عن الزمن، بما يتعلّق بالماضي والحاضر والمستقبل، وتسمّى أحياناً الرؤيةَ «الصيغيّة» للزمن (نظراً لاستخدامها صيغ الأفعال). يمكن أن يتموضع أيّ حدث ضمن الزمن وفق السلسلة أ، عندما يقرّر المتكلّم منذ متى وقع ذلك

الحدث، أو كم يجب عليه الانتظار حتّى يحدث. على العكس منها، تشير السلسلة ب إلى صفات ثابتة نربطها مع لحظات معيّنة في الزمن، مثلاً الساعة 5:00 بعد الظهر بتوقيت غرينتش في 30 آذار 2010. تدعى هذه السلسلة بالرؤية العديمة الصيغ بالنسبة للزمن، لأنّ الأحداث التي نَصِفها وفقاً لها تتحدّد بأنّها وقعت بعضها «قبل» أو «بعد» بعض، لكنّ «الآن» لا تدخل أبداً حيّز الاستعمال.

عندما نَصِفُ الأحداثَ وفق السلسلة أ، تبدو عباراتنا شرطيّة: «تناولتُ البيض على الإفطار البارحة» ستكون صحيحةً إن قلتُها بعد يوم من تناول البيض، لكنّها قد تكون صحيحة أو خاطئة في يوم آخر. العبارات التي نستعملها لوصف الأحداث وفق السلسلة ب تنقل إحساساً مختلفاً: عبارة «وقّعنا إعلانَ الاستقلال بعد أكثر من سنة على معارك لكسنغتون وكونكورد»، أو عبارة «كسوف 2017 سيحدث بعد خمس سنوات على دورة الألعاب الأولمبيّة في لندن عام 2012»، تبدو كأنّها حقائق دائمة، لأنّها تصف خصائص لا تتغيّر بالنسبة لتاريخ العالَم. لقد استعملتُ الصيغ النحويّة بالطريقة المعتادة عندما كتبتُ تلك العبارات، لكن بالقليل من التمرين، يمكن للمرء أن يعتاد على حذف صيغ الماضي والمستقبل عندما يستعمل منظور السلسلة ب، وأن يكتفي بصيغة الحاضر. مثلاً: «تمّ توقيع إعلان الاستقلال بعد مرور أكثر من سنة على معارك لكسنغتون وكونكورد». يمكننا كذلك أن نقتنص روح الماضي والمستقبل بدمج السلسلة أ بالسلسلة ب، من خلال حذف أيّ إشارة إلى «الآن»، عوضاً عن أن نقول مثلاً «سيحدث الكسوف بعد تسع سنوات من الآن» نقول: «سيحدث الكسوف بعد تسع سنوات من قول هذه العبارة». لاحظتم بلا شكّ أنّها ليست طريقتنا المعتادة بالكلام، لكنّ الفلاسفة يجادلون أنّها تنقل المعلومات نفسها.

العالَم الذي نتخيّله وفقاً للسلسلة ب قد يبدو غريباً للغاية في البداية، لأنّ هذه السلسلة لا تمنح مكانة خاصّة لـ «الآن»: كلّ نقطة على طول الخطّ الزمنيّ تحظى بالمرتبة ذاتها، وكلمة «الآن» تصبح أشبه بـ «هنا»، لأنّها تحمل معنى بالنسبة للشخص الذي ينطقها فقط، وليس معنىً مُطلقاً. عندما تمتدّ الأحداث وفق السلسلة ب سنحصل في النهاية على شيء يشبه مقطعاً

من الزمن، لذلك نشير إلى هذه الصورة بـ «الكون المقطعيّ»، وهي فكرة تفصلها خطوة قصيرة عن الاستنتاج بأنّ مرور الزمن –وربّما الإرادة الحرّة– هو وهم محض.

استناداً إلى السلسلة ب، يمكننا أن نجادل أنّ الأحداث المستقبليّة –تنصيبُ بابا جديد مثلاً– متبلورة أصلاً في الزمن. هل يعني هذا ببساطة أنّ أحداث المستقبل محتومةٌ؟ هل هي حقّاً موجودة أمامنا، بحيث لا تترك لنا فسحة للاختيار؟ الفيلسوف ماك تاغارت مضى في الحقيقة إلى ما هو أبعد من ذلك كما يوحي عنوان مقالته، إذ استنتج في ختامها –كما فعل بارميندس قبله– أنّ الزمن هو بحدّ ذاته وهمٌ، وناقش رأيه كما يلي: منطقيّاً، الماضي والحاضر والمستقبل هي خواصّ لا يتلاءم بعضها مع بعض، لأنّ الحدث لا يمكن أن يقع إلّا «في» أحدها فقط. مع ذلك، يبدو أنّ كلّ حدثٍ يوظّفها كلّها معاً، مثلاً موتُ الملكة آن (وهو المثال الذي استخدمه ماك تاغارت) كان ذات مرّة حدثاً مستقبليّاً، ثمّ حاضراً، ثمّ أصبح من الماضي الآن... لذلك، رفض ماك تاغارت الرؤية «الصيغيّة» للزمن، وبما أنّها الطريقة الوحيدة برأيه لمقاربة المرور الظاهريّ للزمن، استنتج أنّ الزمن ليس كينونة ذات مغزى.

خضعت آراء ماك تاغارت لنقاشات لا حصر لها طيلة القرن الماضي، وتأثّر العديد من الفلاسفة –حتّى ولو لم يشاطروه استنتاجه النهائيّ– بصورة الزمن المقطعيّ التي تقترحها السلسلة ب. في الحقيقة، وَصْفُ السلسلة أ يبدو أقربَ إلى حواسّنا، لكنّ انعدام الزمن الذي تجسّده السلسلة ب يمثّل وجهة نظر أغلبيّة علماء الفيزياء والفلاسفة حاليّاً، خاصّة على ضوء الصورة الجديدة التي رسمها آينشتاين للزمان والمكان، والتي سنتعرّف إليها قريباً.

حكمةُ ساوث نيو إنغتون

البروفيسور الإنجليزيّ جوليان باربور هو أحد أبرز مناصري عدمِ وجود الزمن. باربور، وهو في منتصف السبعينيّات من عمره الآن، حصل على شهادة الدكتوراه بعد بحثه في مبادئ نظريّة آينشتاين عن الجاذبيّة (نظريّة النسبيّة العامّة) من جامعة كولونيا عام 1968، وبدأ بعد ذلك العملَ كعالِم

مستقلّ في الفيزياء النظريّة، غير مرتبط بأيّ هيئة أكاديميّة، وهو يعيل عائلته جزئيّاً من خلال ترجمة المجلّات العلميّة الروسيّة.

في كتابه «نهاية الزمن: ثورة الفيزياء القادمة» 1999 يجادل باربور أنّ الزمن، جنباً إلى جنب مع الحركة والتغيّر، هو مجرّد وهم. تطالعنا في نقاشه أصداء بارميندس وماك تاغارت، لكنّه يتفوّق عليهما تفوّقاً عظيماً، وهو فهمه العميق للفيزياء الحديثة بعد أن اشتغل مطوّلاً على كلّ من نظريّة النسبيّة العامّة، والنظريّة الكموميّة اللتين سندرسهما في الفصل التالي.

التقيت به في منزله، وهو منزل ريفيّ عمره ثلاثمئة وخمسون عاماً ذو سطح من القشّ، مبنيّ في قرية ساوث نيو إنغتون شمال أوكسفورد شاير. دعاني إلى الحديقة حيث شربنا الشاي وتحدّثنا عن الزمان والمكان، عن الحركة والتغيّر، وعن ماش[1] ومينكوفسكي[2]. انطباعي عن باربور كان أنّه عالِمٌ، وجنتلمان إنجليزيّ ريفيّ في آن واحد.

تمّ لقاؤنا في أواخر الربيع، الشمس ساطعة وفق المعايير البريطانيّة، ورائحة أزهار الويستريا تفوح في الجوّ. إلى جوارنا كنيسة نورمانديّة يعود تاريخ بنائها إلى العام 1150، يحمل باربور مفتاحها باعتباره أحد القائمين عليها، وكثيراً ما يرافق الزوّار في جولة كي يتفرّجوا على كنوزها العديدة، خاصّة اللوحة الجداريّة التي تعود إلى القرن الرابع عشر، والتي تمثّل اغتيال توماس بيكيت على يد عملاء الملك هنري الثاني عام 1170 (معظم الزوّار كما أكّد لي باربور يأتون لرؤية الكنيسة الأثريّة، لا ليناقشوا موضوع الزمن!). عندما حلّقت عدّة طائرات فوق رؤوسنا –وهو الأمر الوحيد تقريباً الذي ذكّرني بأنّنا في بلد الملكة إليزابيث الثانية، لا الأولى– انتقلنا إلى داخل المنزل، حيث أخذنا استراحة من الحديث كي نتناول عشاءً من

1- Ernst Waldfried Josef Wenzel Mach 1838–1916 فيلسوف وفيزيائيّ نمساويّ، اشتهر بدراسته لأمواج الصدمة، وتنبّأ بظهور نظريّة آينشتاين في النسبيّة من خلال انتقاده لنظريّات نيوتن حول الزمان والفضاء. المترجمة

2- Hermann Minkowski 1864–1909 عالم رياضيّات ألمانيّ طوّر نظريّة «هندسة الأعداد»، واستعمل طرقاً هندسيّة لحلّ معضلات الفيزياء الرياضيّة والنظريّة النسبيّة. المترجمة

الهليون، الخبز والزبدة، الجبنة، والفريز الطازج. بعدها استرخينا على أريكة غرفة الجلوس، حيث اتّكأ باربور وأخذ يتحدّث بصوت موزون هو مزيج من الحكمة الأكاديميّة الرسميّة، والسحر الإنجليزيّ الذي لا يُقاوَم.



الفيزيائيّ المستقلّ جوليان باربور

جزء من مشكلة الزمن كما شرح لي، ينجم عن أنّ أفضل نظريّتين لدينا – النسبيّة العامّة، والنظريّة الكموميّة– تتعاملان معه بطريقتين مختلفتين. «الأمر أشبه بطفلين يتشاجران بسبب دمية» قال، «والمشكلة هي أنّ كلّاً منهما يريد شيئاً مختلفاً». لذلك، يعتقد باربور أنّ الحلّ الوحيد هو أن نحذف الدمية: علينا أن نتخلّى عن مفهوم الزمن!

من السهل أن نفهم جوهر نقاشه: يتخيّل باربور أنّ كلّ واحدة من «الآن» هي بمنزلة كونٍ كاملٍ مستقلّ بذاته، وهو كون يغيب عنه الزمن تماماً. إن تخيّلنا تاريخ الكون بمنزلة لقطات فيلم، فلا بدّ أن نعتبر كلّ لقطة منها «حقيقيّة» على حدّ سواء، وهو يطلق على المجموعة المكوّنة من جميع «الآن» اسمَ «بلاتونيا»، تيمُّناً بالفيلسوف أفلاطون Plato، وفلسفتِه عن الأشكال الأبديّة التي لا تتغيّر.

وماذا عن الماضي والمستقبل؟ إنّهما مفهومان مراوغان بالنسبة لباربور –وغير ضروريّين– مثل الزمن بحدّ ذاته. لا نملك دليلاً فعليّاً عن الماضي سوى ذكرياتنا الشخصيّة عنه (أو التذكارات الماديّة المختلفة التي تسجّل

تلك الذكريات، سواء كانت طبيعيّة مثل الأحفوريّات، أو من صنع الإنسان مثل الصحف). بالمثل، لا دليل لدينا على المستقبل إلّا اعتقادُنا بوجوده... كلّ ذلك وهمٌ محض! «من وجهة نظر علماء الفيزياء، لا يوجد أيّ نوع من مرور الزمن، ولا أيّ نوع من (الآن) التي تزحف عبر العالَم» يقول باربور، «فكرة جريان الزمن هي وهمٌ اخترعَه وعيُنا بشكل ما أو بآخر».

إذن، لماذا نتخيّل الزمن على أنّه يتقدّم بثبات، مع «الآن» المتحرّكة التي لا تنقطع؟ ربّما بسبب الطريقة التي تعمل بها عقولنا، وكذلك ذكرياتنا خصوصاً. ما تقوم به الصحف والأحفوريّات بالنسبة للتاريخ على الصعيد العامّ كما شرح لي باربور، يقوم به العقل البشريّ على صعيد الذاكرة الشخصيّة. يمكن أن نفكّر بالعقل على أنّه «كبسولة زمن»، أي كمنظومة ماديّة مرتّبة بطريقة دقيقة للغاية تتيح للعقل أن «يحافظ» على الماضي بداخله، وهذا ما يدعوه باربور بـ«الحقيقة الوحيدة المدهشة عن العالَم كما نختبره».

من ناحية معيّنة، باربور على حقّ، جزئيّاً على الأقلّ: إن تطوّر علم الأعصاب لدرجة أن تصبح الفعّاليّة الدماغيّة قابلة «للقراءة» بتفاصيلها الدقيقة، يمكننا آنذاك أن نستخلص تاريخ حياة أحد أصدقائنا من خلال دراسة دماغه كما هو عليه الآن، لأنّ الماضي سيكون ماثلاً فيه. «إن فكّرتَ بالأمر، هذا هو بالضبط ما يقوم به علم الجيولوجيا وعلم الكوزمولوجيا في الوقت الحاليّ» يضيف باربور، الكوزمولوجيّون يدرسون ماضي الكون من خلال فحص السماء كما تبدو عليه الآن، ويقوم الجيولوجيّون بالأمر ذاته من أجل دراسة ماضي الأرض. كلّ شيء هو «لقطة وحيدة» تحديداً على حدّ قول باربور.

إحدى نتائج التعامل مع كلّ واحدة من «الآن» على حدّ سواء، هي نوع خاصّ من الخلود الذي لا يعني هنا الحياة بعد الموت كما سيروق للكثيرين منّا، بل هو أشبه بالحياة جنباً إلى جنب مع الموت: بما أنّ الزمن لا يمرّ، نحن لا نشيخ! «اللحظة لا يمكن أن تشيخ، اللحظة هي لحظة» يقول باربور، «إذن، في هذه اللحظة، هناك جوليان في السبعين من عمره -أي أنا الآن- وهناك جوليان آخر في الستّين، وهو حقيقيّ بقدر جوليان الذي في السبعين، لأنّك لا تشعر أنّ البارحة حقيقيّ بمقدار أقلّ من اليوم».

إذن، ما هو الزمن؟!

«إنّه غلطة ارتكبها العقل» يجيب باربور، «سأقول عن الزمن ما قاله لابلاس لنابليون عن الله: لا أحتاج تلكَ الفرضيّة».

في قطار العودة إلى أوكسفورد، أعلن الجابي عن المحطّات واحدة تلو الأخرى. على كلّ أرصفتها هناك ساعاتٌ رقميّة، والوصول إليها محدّد بالدقيقة (نظريّاً على الأقلّ). بكلّ تأكيد إذن، يبدو الزمن «حقيقيّاً»! ما زلتُ مشوّشاً بشأن الزمن كما كنتُ من قبل (هأنذا أعود إلى استعمال كلمات مثل: قبل!)، ومن الصعب أن نتخيّل أنّ الزمن ليس حقيقيّاً إن كنّا بالكاد نستطيع تركيبَ جملة واحدة دون أن نستحضره بشكل ما أو بآخر! وَهْمُ الزمن -إن كان وهماً فعلاً- يُقَولِبِ على ما يبدو كلّ فكرة من أفكارنا، ويتغلغل إلى لغتنا. لستُ وحدي الحيران، الفيلسوف سيمون سوندرز في مراجعته لكتاب باربور في النيويورك تايمز وصفه بأنّه «كتاب من ذهب»، وأضاف أنّه تحفة من ناحية التعليم والتعليل، لكنّه يطرح «إنذاراً صحيّاً فلسفيّاً»، وأقرّ بأنّه لا يعرف إن كان الكتاب «منطقيّاً أم لا».

ربما سيجد بعض الكتّاب في المستقبل (أووبس!) طريقة أوضح لشرح وَهْمِ الزمن. أولئك الذين جاؤوا بعد نيوتن، شرحوا نظريّات الميكانيك التي وضعها بشكل أفضلَ منه (طلّاب قسم الفيزياء في الجامعة يدرسون اليوم مراجع عديدة، والمرجع الوحيد الذي لن يعتمدوا عليه أبداً هو ذاك الذي ألّفه نيوتن). علاوة على ذلك، نيوتن -مثلنا جميعاً- كان نتاجَ زمنه جزئيّاً، وعندما نشرح فيزياءه في القرن الحادي والعشرين، فنحن نقوم ضمنيّاً بسلخها عن ظلالها اللّاهوتيّة أوّلاً. من خلال أفكاره عن الزمن المطلق والفضاء المطلق كما يقول باربور، «ظنّ نيوتن أنّه رأى تشريح الله، لربّما شعر كأنّه يجعل الله الخفيّ مرئيّاً على نحو ما». ربّما نحن أيضاً مثقلون بدورنا بالمفاهيم المسبقة عن الزمن، لذلك لا نستطيع أن نتخلّى عن أفكارنا المتحيّزة بسهولة.

في الوقت الحاليّ، أقسمتُ أن أعيد قراءة «نهاية الزمن». ربّما كان الأمر أسوأ، على الأقلّ أنا لا أخطّط لشقّ طريقي عبر البرنسيبيا! وهذا يذكّرني

بقصّة -مُختَلَقَة ربّما- عن تلميذ شاهد نيوتن وهو يمرّ بعربته، فقال: «ها هو ذا الرجل الذي كتب كتاباً لن يفهمه لا هو، ولا أيّ شخص آخر»!

* * *



زمنُ ألبرت

الزمان–المكانيّ، النسبيّة، والنظريّة الكموميّة

– علّمتنا النظريّة النسبيّة أن نحذرَ الزمنَ.
• الفيزيائيّ وولفغانغ ريندلر، مبتكرُ مصطلحِ «أفقِ الحدَث».

– أنا أرى الماضي، والحاضر، والمستقبل، موجودة كلّها أمامي.
• ويليام بلايك

مدينة بيرن التي تحتضنها الجبال في غربي سويسرا، تبدو اليوم كما كانت قبل قرنٍ من الزمن. السيّارات ما تزال تشقّ طريقها جيئة وذهاباً عبر الشوارع الرئيسيّة، الأبنية ذات المداخل المقوّسة تحفّ الحارات الضيّقة في Aldstadt أي المدينة القديمة، والنوافير الملوّنة التي يرجع تاريخ الكثير منها إلى القرن السادس عشر، تزيّن الشوارع هنا وهناك بين المباني. الزوّار الذين يتكبّدون عناء الصعود إلى أعلى برج الكاتدرائيّة القوطيّ –وهو أحد أطول الأبراج في سويسرا– يكافَؤون بمشهد شاسع من السقوف الحمراء، وأبراجُ الكنائس، ومياه نهر آرا Aare الزرقاء الهادرة. باستثناء السيّارات والسيّاح، لم تتغيّر العاصمة السويسريّة إلّا قليلاً منذ شتاء عام 1902، حين وصلها ألبرت آينشتاين مشياً على قدميه. كان في الثانية والعشرين من عمره، دون وظيفة، ومعه حقيبة واحدة تضمّ كلّ متاعه. خلال ثلاث سنوات، سيصبح

زوجاً وأباً و -آه أجل!- سيطوّر صورة راديكاليّة عن الزمان والمكان تغيّر العالَم إلى الأبد.

لم يولَد آينشتاين (1879-1955) في بيرن -حظيت مدينة أولم Ulm في جنوبي ألمانيا، التي تبعد عن بيرن حوالي 250 كيلومتراً بذلك الشرف- كما أنّه لم يبقَ فيها طويلاً: خلال أقلّ من عقد، ومع تنامي شهرة عبقريّته، أخذته المناصب الأكاديميّة إلى زوريخ وبراغ وبرلين، قبل أن تجبره سطوة النازيّة على مغادرة أوروبا إلى الأبد. لكنّ هذا العالِم الشابّ الطمّوح حصل على أوّل عمل له هنا في هذه المدينة: وظيفة لا تتطلّب خبرة مسبقة، قوامها فحص طلبات براءات الاختراع في مكتب حكوميّ، وهناك توصّل آينشتاين إلى أولى أفكاره العظيمة عن طبيعة الكون.

قادني درج خشبيّ ضيّق من الشارع إلى الشقّة الصغيرة التي سكنها آينشتاين في كرامغاس Kramgasse 49، التي تحوّلت اليوم إلى متحف، وهناك لاقتني الدليلة السياحيّة روث إيغلر في أعلى السلّم. في زمن آينشتاين، شرحت لي بلكنة سويسريّة - ألمانيّة ثقيلة، كانت الشقّة مؤلّفة من غرفتين فقط، إحداهما لها نافذتان واسعتان تطلّان على كرامغاس، لكنّ المتحف أكبرُ لأنّه توسّع ليشمل العديد من الغرف المجاورة، بالإضافة إلى الطابق العلويّ. لو مدّ آينشتاين رأسه من النافذة، وألقى نظرة إلى يساره، كان سيرى بالقرب من بيته برجَ الساعة zytglogge الفخم -ولو أنّه قليل الارتفاع- بزخارفه وألوانه، ويعود إلى القرن السادس عشر. لا بدّ أنّ ذلك البرج حيّا آينشتاين الشابّ في كلّ مرّة غادر فيها شقّته.

يمكن للزوّار اليوم أن يتجوّلوا في الغرف المتواضعة المكسوة بورق الجدران، وأن يتأمّلوا طاولة عمل آينشتاين التي جُلِبَتْ من مكتب براءات الاختراعات، وأن يتفرّجوا على عشرات اللقطات التاريخيّة له، وعلى أطروحة الدكتوراه التي قدّمها، بل حتّى على تقرير علاماته في المرحلة الثانوية (الذي يُبيّن أنّ آينشتاين لم يكن طالباً سيّئاً، خلافاً لما يُشاع). وظيفة آينشتاين في مكتب براءات الاختراع درّت له دخلاً يُقدَّر بـ 3500 فرنك سنويّاً، وهو مبلغ بالكاد يكفي لدفع الإيجار، وتأمين ضروريّات الحياة له ولزوجته ميلفا. «كان آينشتاين فخوراً جداً بأنّه استطاع للمرّة الأولى في

حياته أن يستأجر شقّة كهذه» تقول إيغلر، «ستّون متراً مربّعاً لا غير. ليست كبيرة، لكنّه اعتبرها رفاهيّة مطلقة».

خلال النهار، كان آينشتاين يقوم بفحص المئات من طلبات براءات الاختراع التي تمرّ على مكتبه. شغفه الحقيقيّ لم يكن الأجهزة، بل النظريّات الكامنة خلفها، أي آليّات الكون بحدّ ذاته. في ربيع 1905، تبلورت في ذهنه نظريّة جديدة عن الزمان والمكان، وفي عمر السادسة والعشرين -أكبر بقليل من نيوتن عندما كان في قمّة إبداعه- مرّ آينشتاين بسنة المعجزة annus mirabilis الخاصّة به، حين ألّف خمسة مقالات عظيمة في مجال الفيزياء، بما فيها تلك التي قدّمتْ لنا أوّل جزء من نظريّته عن النسبيّة، والمعروفة بالنسبيّة الخاصّة.

جذورُ النسبيّة

في بدايات القرن العشرين، بدت قوانين نيوتن كأنّها تشرح كلّ شيء... لكن ليس كلّ شيء حقّاً! كي يفهموا الكهرباء والمغناطيسيّة، إضافة إلى الضوء وأمواج الراديو، اعتمد العلماء على توصيف آخر ناجح للطبيعة، هو نظريّة طوّرها العالِم الإسكتلنديّ المولد جيمس كلارك ماكسويل[1] (1831-1879)، إذ قام باستنباط مجموعة معادلات تصف العلاقة بين الحقلين الكهربائيّ والمغناطيسيّ، واكتشف أنّهما في الواقع وجهان لظاهرة واحدة.

مثلما قام نيوتن بربط ميكانيك الأرض والسماء معاً، بيّن ماكسويل أنّ الكهرباء والمغناطيسيّة تترابطان على نحو وثيق، واكتشف أنّ الكهرطيسيّة تشمل الضوء. نعرف اليوم أنّ الضوء هو موجة كهرطيسيّة، أي أنّه مكوّن من حقل كهربائيّ وحقل مغناطيسيّ يهتزّان. بالإضافة إلى الضوء، تشمل الموجات الكهرطيسيّة أشعّةَ إكس، والموجات الميكرويّة Microwave، وأمواج الراديو، جميعها يختلف بعضها عن بعض بطول الموجة فقط.

أظهرت معادلات ماكسويل خاصيّة مميّزة للأمواج الكهرطيسيّة: أنّها

1- تجدون نظرة مفصّلة أكثر عن ماكسويل، وعن فيزياء القرن التاسع عشر في كتابي الأوّل «الكون على تيشرت». فالك

تنتقل بسرعة محدّدة يرمز لها علماء الفيزياء بـc، وهي سرعة الضوء ذاتها. (تمّ قياس سرعة الضوء بدقّة للمرّة الأولى في حقبة 1670، على يد الفلكيّ الدانماركيّ أُول رومر. السرعة المتّفق عليها حالياً هي 300 ألف كيلومتر في الثانية تقريباً). اكتشافُ أنّ الضوء هو في الحقيقة موجة تنتقل بسرعة ثابتة، طرح أسئلة مزعجة: أوّلاً، تنتقل الأمواج الضوئيّة بسرعة c نسبة إلى ماذا؟ ألن تعتمد سرعة الضوء على الطريقة التي نقيسه بها؟ لا بدّ أن تؤثّر سرعتنا نحن، وسرعة المنبع الضوئيّ، على نتيجة قياساتنا بكلّ تأكيد. هل تنطبق معادلات ماكسويل فقط في بعض الإطارات المرجعيّة[1] reference frames الخاصّة، والمترافقة مع الأمواج الضوئيّة؟

ثانياً، كيف تنتقل أمواج الضوء من مكان إلى آخر؟ في تلك الحقبة، كلّ ما كان الفيزيائيّون يعرفونه عن الأمواج، هو أنّها تحتاج إلى وسطٍ كي تنتقل: الأمواج الصوتيّة بحاجة إلى الهواء، أمواج المحيط بحاجة إلى الماء... إلخ، لكنّ الأمواج الضوئيّة تصل إلى الأرض من الشمس عبر ما يبدو كأنّه فراغ. ما هو الوسط الذي يحمل الأمواج الضوئيّة؟

أفضل جواب توصّلوا إليه في عصر ماكسويل، كان أنّ الأمواج الضوئيّة تنتقل بواسطة مادّة تدعى «الأثير الناقل للضوء» (سأدعوها اختصاراً بالأثير ether). اعتقد العلماء أنّ الأثير يملأ الفضاء بأكمله، وأنّه المادّةُ التي تتواسط انتقال الأمواج الضوئيّة، والوسيطُ الذي يسمح للجاذبيّة الأرضيّة بالتأثير عبره. نيوتن لم يوضّح قط كيف يمكن لقوّة الجاذبيّة التي يولّدها جسم ما أن تؤثّر في جسم آخر بعيد، لذلك سخر خصومه من نظريّته حول الجاذبيّة، باعتبارها تلك القوّة الغامضة التي تؤثّر عبر الخواء.

الأثير إذاً كان حلّاً ملائماً للمشكلتين: سيعطي الضوء شيئاً ما يتحرّك عبره، وسيحدّد الإطار المرجعيّ لأمواج ماكسويل الكهرطيسيّة. مع ذلك، لا يزال

1- هو جملة الإحداثيّات المستخدمة لتحديد موقع وسرعة الأجسام الموجودة. ستختلف النتائج التي يلاحظها مراقب ما حسب الإطار المرجعيّ الذي يوجد فيه كما سيمرّ معنا: إن كان واقفاً في محطّة مثلاً، ستصبح أرض المحطّة هي الإطار المرجعيّ، وكلّ القياسات ستُقاس بالنسبة إلى نقطة مرجعيّة موجودة على أرض المحطّة هي النقطة التي يقف عليها. المترجمة.

الوضع مربكاً: ألا يجب أن تكون قوانين الفيزياء واحدة بالنسبة للجميع؟ إن تطلّبت الأمواج الكهرطيسيّة إطاراً مرجعيّاً خاصّاً ذا ميّزات مختلفة، ألا يعدّ ذلك خرقاً للمبدأ الأساسيّ الذي وضعه غاليليو، والمعروف بـ «مبدأ النسبيّة»، أو «نسبيّة غاليليو»، الذي ينصّ على عدم وجود إطار مرجعيّ ذي امتيازات، أي لا يوجد مراقب يتمتّع بأفضليّة خاصّة على مراقب آخر، من حيث قدرته على قياس السرعات الحقيقيّة أو الفواصل الزمنيّة أو المسافات. قدّم غاليليو تجربة فكريّة كي يدعم تلك النقطة:

تخيّل، كما يقول، أنّك موجود مع أحد أصدقائك داخل قمّرة لا نوافذ لها على متن سفينة مبحرة. افترض أنّك تحمل معك بعض الفراشات والطيور، وحوضاً مليئاً بالأسماك، ودلواً يسيل منه الماء ببطء عبر ثقب في أسفله، كما أنّك تحمل أيضاً كرة ترميها إلى صديقك ويرميها إليك بدوره. عندما تكون السفينة راسية بلا حركة في الميناء، ستجد أنّ الحيوانات تميل لأن تتحرّك بحريّة في جميع الاتّجاهات، وأنّ قطرات الماء التي تسيل من الدلو تسقط عموديّاً عل الأرض، وأنّ رمي الكرة يتطلّب الجهد ذاته بغضّ النظر عمّن يرميها، ولكن – وهنا تتجلّى فطنة غاليليو– ستلاحظ النتائج نفسها تماماً إن تحرّكت السفينة بسرعة ثابتة. «لن تكتشف أدنى تغيّر في أيّ من النتائج» أعلن غاليليو، «ولا يمكنك أن تحزر عبر أيّ منها هل تتحرّك السفينة أم أنّها تقف ثابتة[1]». في الواقع، ما بيّنه غاليليو كان أنّ المصطلحات مثل «متحرّكة»، و«الوقوف بثبات دون حركة»، هي مجرّد صفات، إذ لا يتمتّع أيّ مراقب بموقع يمتاز على غيره من المراقبين، كي يعرف هل هو في وضعيّة سكون أم أنّه يتحرّك بسرعة معيّنة.

في كهرطيسيّة ماكسويل، يبدو أنّ هناك بالفعل إطاراً مرجعياً خاصّاً، هو الإطار المرجعيّ للأثير الغامض، وبالتالي سيساعدنا بلا شكّ أن نتمكّن من قياس خواص الأثير بطريقة ما، أو أن نتأكّد من وجوده. حاول الفيزيائيّون أن يحلّلوا تأثيرات حركة الأرض عبر الأثير عندما تدور حول الشمس، لكن حتّى عام 1905، جميع محاولاتهم باءت بالفشل.

1- بالنسبة لمعظمنا اليوم، الطائرة هي المثال الأفضل. طالما أنّ الطيّار يتجنّب المطبّات الهوائيّة أو الانعطافات الحادّة، بالكاد سيلاحظ المسافر إن أغلق نافذته أنّ الطيارة تتحرّك. فالك

هذه المعضلة الواضحة لم تؤرّق الجميع! في حقبة 1880 مثلاً، تنبّأ هاينريتش هيرتز بوجود أمواج الراديو مستخدماً معادلات ماكسويل، ثمّ اكتشفها بعد أقلّ من عقد، أمّا غوليلمو ماركوني فكان مشغولاً ببناء أجهزة بثّ واستقبال راديويّة... القليل من العلماء فقط بمن فيهم آينشتاين، شغلهم ما اعتبروه عيباً بنيويّاً في التوصيف الضمنيّ للطبيعة، أي التضارب بين مبدأ النسبيّة ووجود الأثير (الرياضيّ الفرنسيّ هنري بوانكاريه، والفيزيائي الهولنديّ هيندريك. إيه. لورينتز تصارعا أيضاً مع تلك المعضلة).

إحدى نقاط قوّة آينشتاين كانت قدرته على تخيّل «التجارب الفكريّة»، أي الصور الذهنيّة المبسّطة التي تسهّل عليه تصوّرَ المشاكل التجريديّة البحتة، وانشغل منذ المراهقة بما يبدو سؤالاً في غاية البساطة: «ماذا سيحدث لو قدرتَ على اللحاق بحزمة ضوئيّة[1]؟». نيوتن وماكسويل قدّما إجابتين متناقضتين تناقضاً صارخاً: في إطار نظريّة نيوتن، يمكننا اللّحاق بأيّ شيء، كلّ ما علينا فعله هو أن نتحرّك أسرع فأسرع، لا مشكلة. أمّا بتصوّر ماكسويل، الضوء ينتقل دائماً بسرعة 300 ألف كيلومتر في الثانية. إن استطعنا اللحاق بحزمة ضوئيّة، ستصبح سرعتها (بالنسبة لنا) صفراً، هل سنرى إذاً أمواجاً ضوئيّة «جامدة»؟! عندما يقوم راكب الأمواج بركوب عُرْفِ موجة في المحيط، سيتحرّك هو والموجة بسرعة واحدة، وبالتالي يمكنه أن يصف الموجة بأنّها «جامدة» بالنسبة إليه... لكن كيف يبدو الضوء الجامد؟! إن تمكّنا من مراقبة ضوء جامد، سنمتلك إذاً دليلاً «مطلقاً» على سرعتنا، وهو خرق صريح لمبدأ نسبيّة غاليليو.

بالنسبة لآينشتاين، الحزمة الضوئيّة غير المتحرّكة بدت له فكرة جنونيّة. «لا يوجد شيء كهذا» قال، «لا اعتماداً على التجربة، ولا وفقاً لمعادلات ماكسويل»، وتردّد أمام فكرة أنّ مراقباً يتحرّك جنباً إلى جنب الحزمة الضوئيّة، قد يكون بحاجة إلى مجموعة مختلفة من المعادلات -أي إلى قوانين مختلفة- كي يصف ما يراه. بعد كلّ شيء، الحركة نسبيّة، لذلك تساءل مردّداً كلمات غاليليو كيف «سيعرف المراقب، أو كيف سيتمكّن من تحديد، أنّه يتحرّك

1- فكّر آينشتاين بهذه «التجربة الفكريّة» للمرّة الأولى عندما كان في السادسة عشرة، لكن من الواضح أنّها ظلّت تشغله في السنوات التي سبقت بحثه عن النسبيّة الخاصّة عام 1905. فالك

حركة سريعة منتظمة؟!»، وإن لم يكن هناك معنى للضوء الجامد، ما الذي سيحدث عندما تتزايد سرعة المراقب، وتقترب من سرعة الضوء؟!

يتجادل المؤرّخون حول الكيفيّة التي توصّل بها آينشتاين إلى الحلّ. ربّما قدّم له عمله في مكتب براءات الاختراع -الذي نعتبره عملاً وضيعاً اليوم- تمريناً ذهنياً قيّماً، عندما كان يتخيّل هل سيعمل هذا الجهاز الكهربائيّ أم لا. يقترح المؤرّخ بيتر غاليسون أنّ مشكلةَ مزامنةِ الساعات الكهربائيّة عبر أوروبا كانت نقطة هامّة تحديداً، فالعديد من طلبات براءات الاختراع التي مرّت بين يدي آينشتاين كانت مرتبطة بها. نقاشات آينشتاين مع أصدقائه المقرّبين في بيرن -أطلقوا على أنفسهم اسم «الأكاديميّة الأولمبيّة»- قدّمت له أحكاماً لا تقدّر بثمن حول صحّة أفكاره عن الزمان والمكان. زوجته ميلڤا ماريش، وهي زميلته سابقاً أثناء الدراسة، لعبت دوراً كذلك: في رسالة حبّ نموذجيّة تعود إلى سنوات خلت، شرح لها آينشتاين كم يتوق إلى رحلة تسلّق الجبال التي سيقومان بها معاً عندما يزورها في زوريخ، «أوّل ما سنفعله هو تسلّق أوتليبرغ Utliberg» كتب مشيراً إلى هضبة محليّة هناك، «أنا أتخيّل منذ الآن المتعة التي سنحظى بها... من ثمّ سنبدأ بدراسة نظريّات هلمهولتز عن الضوء». تأثّر آينشتاين كذلك بشدّة بالأعمال الفلسفيّة لمفكّرين من قامة ديڤيد هيوم وإرنست ماش، وهي أعمال تعمّق في قراءتها خلال وقت الفراغ القليل المتاح له.

بغضّ النظر عن المحرّض، توصّل آينشتاين إلى الإجابة في الشهور الأولى من عام 1905 بشكل مفاجئ على ما يبدو، لكنّها كانت تتويجاً لعشر سنوات من العصف الذهنيّ المكثّف، فكّر خلالها بالقليل فيما عدا تلك الفكرة. الحلّ، كما شرح لصديقه ميشيل بيسو في أيّار من ذلك العام، كان بتحليل مبدأ الزمن، فالزمن كما يقول «لا يمكن أن يُعرَّف بشكل مُطلَق، وهناك علاقة لا تنفصم بين الزمن وسرعة الإشارة». اكتشف أنّ قوانين نيوتن لها حدودها، وأنّها صورة تقريبيّة عن الصورة الحقيقيّة، لأنّها تنطبق بشكل صحيح فقط عندما تكون السرعة صغيرة: أي أنّها كافية تماماً لدراسة السرعات التي نستعملها في حياتنا اليوميّة، لكنّها تنهار عندما تقترب السرعة من سرعة الضوء. لا بدّ إذاً من إطار مرجعيّ جديد!

بحثُ آينشتاين الذي عنونه بـ«في إلكتروديناميك الأجسام المتحرّكة»

نُشِر في مجلّة «حوليّات الفيزياء» Annalen der physic الذائعة الصيت في 30 حزيران 1905، وكان مؤلّفاً من ثلاثين صفحة لا غير، لكنّه قلبَ عالَم نيوتن رأساً على عقب منذ الصفحات الأولى، وقدّم طريقة جديدة لرؤية كلّ من الزمان والمكان، علاوة على أنّه ألغى وجود الأثير تماماً (السبب في أنّ أحداً لم يكتشفه، يناقش آينشتاين، كان أنّه غير موجود أصلاً). في نهاية البحث، لم يُدرِج مراجع من أعمال علماء الفيزياء الذين سبقوه، وإنّما شكر صديقَه بيسو على «اقتراحاته العديدة القيّمة». في مقال الثلاثين من حزيران ذاك، حقّق آينشتاين أخيراً التوافقَ بين ميكانيك نيوتن ونظريّة ماكسويل الكهرطيسيّة.

نظرة جديدة إلى الزمان والمكان

تُعرَف النظريّة التي قدّمها آينشتاين عام 1905 باسم «النظريّة الخاصّة في النسبيّة»، أو «النسبيّة الخاصّة» اختصاراً، وهي تستند إلى فرضيّتين اثنتين: الفرضيّة الأولى تنصّ على أنّ قوانين الفيزياء يجب أن تكون واحدة بالنسبة إلى مراقبَين مختلفين، بغضّ النظر عن السرعة التي يتحرّك بها أحدهما نسبة للآخر، طالما أنّهما يتحرّكان بسرعة ثابتة (أي دون تسارع). سواء إن كنّا نحاول دراسة حركة جسم مقذوف، أو قياس الخواصّ الكهربائيّة أو المغناطيسيّة، أو دراسة حزمة ضوئيّة، القوانين واحدةٌ بالنسبة للجميع. الفرضيّة الثانية تنصّ على أنّ سرعة الضوء ثابتة، بغضّ النظر عن سرعتنا أو سرعة المنبع الضوئيّ. بكلمات أخرى، ستبقى سرعة الحزمة الضوئيّة ثابتةً دائماً، وتساوي c.

الفرضيّة الأولى ليست راديكاليّة على نحو خاصّ، لأنّها من حيث الجوهر مجرّد صياغة جديدة لمبدأ النسبيّة الذي وضعه غاليليو –الفكرة القائلة بأنّه لا وجود لإطار مرجعيّ ذي امتيازات خاصّة– لكنّها ترفعه إلى مرتبة فرضيّة أساسيّة عن العالَم الماديّ. الفرضيّة الثانية هي الصدمة الحقيقية! في عالَم نيوتن، قياسُ سرعة أيّ جسم يعتمد على كلّ من حركتنا وحركته، سيبدو لك القطار كأنّه يهدر مبتعداً إن كنتَ واقفاً على رصيف المحطّة، أمّا إن كنتَ على متنه، فلن تشعر أنّه تحرّك أصلاً، بل سيبدو لك رصيف المحطّة كأنّه يبتعد مسرعاً بالاتّجاه المعاكس. الآن، ارمِ كرة بيسبول أمام القطار وأنت على متنه،

سيراها المراقب الواقف على الرصيف كأنّها تلقّت دفعة إلى الأمام: إن كانت سرعة القطار 100 كيلومتر في الساعة، ورميتَ أنت الكرة بسرعة 80 كيلومتراً في الساعة، سيرى المراقب الواقف على الرصيف أنّ الكرة تتحرّك بسرعة 180 كيلومتراً في الساعة. لا حساب أسهل من هذا! السرعة v التي يقيسها المراقب الواقف على الرصيف هي مجموع سرعة القطار v1 وسرعة الكرة v2 أي:

$$v = v_1 + v_2$$

بديهيٌّ، أليس كذلك؟

وفق نظريّة آينشتاين، ما سبق يصحّ بشكل تقريبيّ على القطارات وكرات البيسبول والأجسام الأخرى التي تتحرّك ببطء، أي التي تتحرّك بسرعة أقلّ بكثير من سرعة الضوء. لكن، تنصّ فرضيّته الثانية على أنّ الوضع مختلف بالنسبة للضوء: مهما كانت سرعتنا، ومهما كانت سرعة حركة المنبع الضوئيّ، سنقيس سرعة الضوء دائماً على أنّها 300 ألف كيلومتر في الساعة. لا يهمّ إن كنتُ أسير ببطء حاملاً مصباحاً يدويّاً بيدي، أو إن وضعتُ المصباح في صاروخ ينطلق بسرعة 200 ألف كيلومتر في الساعة (أي ثلثي سرعة الضوء)، هذا لن يغيّر شيئاً: ستبقى سرعة الحزمة الضوئيّة 300 ألف كيلومتر في الساعة. تلك هي الإجابة النهائيّة على تجربة آينشتاين الذهنيّة حول اللّحاق بحزمة الضوء: غير ممكن! لا يمكن تسريع الضوء ولا إبطاؤه، وستبقى سرعة حزمة الضوء ثابتة مهما كانت سرعتنا (ممّا يجعل سرعة الضوء هي الحدّ الأقصى الممكن للسرعة في الكون).

في الواقع، عند مقارنة سرعة حركة الأجسام بسرعة الضوء، لا يمكننا ببساطة أن نجمعها حسابيّاً كما فعلنا في عالَم نيوتن. السرعة v التي نحسبها هنا لا تساوي $v_1 + v_2$، بل تصبح وفق المعادلة الصحيحة التي أوجدها آينشتاين:

$$v = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 \times v_2}{c^2}}$$

معادلة نيوتن ($v = v1+v2$) تعطي نتيجة معادلة آينشتاين ذاتها عند تطبيقها على أجسام تتحرك بسرعة منخفضة، لكنّها ستعطينا نتيجة أقلّ من

المتوقَّع بالسرعات العالية (مهما كانت $v_1 + v_2$ عالية، سيبقى مجموعهما أقلّ من سرعة الضوء c).

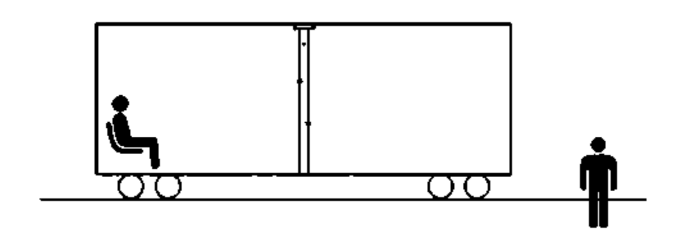
والآن، ها هو أفضل جزء: كي تكون سرعة الضوء ثابتة، لا بدّ أن يكون كلّ من الزمان والمكان نسبياً. بكلمات أخرى، إن تحرّك مراقبان أحدهما بالنسبة للآخر، قد يختلفان حول الفاصل الزمنيّ بين حدثين، أو حول المسافة التي تفصل بين نقطتين في الفضاء -وهذا أمر يستحيل حدوثه في حلبة الزمان المطلق، والفضاء المطلق، التي أوجدها نيوتن- كما بيّن لنا آينشتاين كيفيّة حساب الاختلاف بدقّة.

كيف يمكن لمراقبَين يحملان ساعات متزامنة تماماً، أن يختلفا حول الفاصل الزمنيّ الذي انقضى بين حدث وآخر؟! قد يكون هذا أكثر ما ينافي حدسنا في نظريّة آينشتاين! في الحقيقة، الساعة التي تتحرّك بسرعة عالية، تبدو كأنّها «تتكتك» أبطأ من ساعة أخرى مطابقة تماماً لكنّها «ثابتة» (علامات التنصيص هنا هي فقط للتأكيد أنّ بإمكاننا اعتبار أيّ من الساعتين متحرّكة، والأخرى ثابتة)، وهذا التأثير يُدعى بـ «تَمَدُّد الزمن» time dilation. تخيّلوا قطاراً يسير بسرعة عالية، ويحمل «ساعة حزمة ضوئيّة»، وهي ساعة مصنوعة من مرآتين متوازيتين موضوعتين بشكل أفقيّ إحداهما فوق الأخرى، مع حزمة ضوئيّة تقفز بينهما للأعلى وللأسفل (الشكل رقم 1، الجزء العلويّ). عندما يكون القطار بحالة سكون، كلٌّ من المراقب الموجود في المحطّة وذاك الذي على متن القطار، سيقيسان الفاصل الزمنيّ ذاته بين كلّ «تكّتين» متتاليّتين من تكّات الساعة. عندما يتحرّك القطار بسرعة تقترب من سرعة الضوء، سيرى المراقب الواقف في المحطّة أنّ حزمة الضوء ترسم مساراً مائلاً يشبه أسنان المنشار بين المرآتين (الشكل رقم 1، الجزء السفليّ) بالتالي ستزداد المسافة التي تقطعها مع كلّ تكّة. ولكن -وهذا هو الجزء الأساسيّ- فرضيّة آينشتاين الثانية تنصّ على أنّ سرعة الضوء c ثابتة، وبما أنّ السرعة تساوي المسافة مقسّمةً على الزمن، والمسافة ازدادت، لذلك لا بدّ أنّ الزمن أيضاً يزداد بين كلّ تكّة وأخرى. إذن، سيعتقد المراقب الواقف على رصيف المحطّة أنّ ساعة القطار أصبحت أبطأ، أمّا المراقب الموجود على متن القطار فسيتوصّل إلى الاستنتاج المعاكس: سيرى حزمة الضوء في ساعة مماثلة موجودة على أرض المحطّة وهي ترسم مساراً مائلاً، وبالتالي سيستنتج أنّها تتكتك أبطأ. حسب

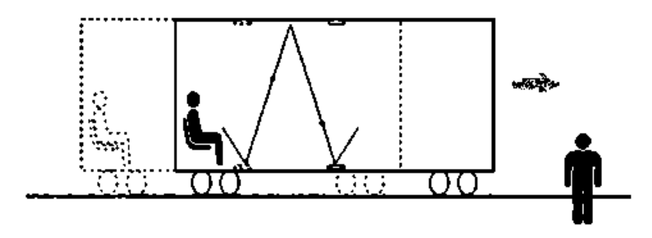
فرضيّة آينشتاين الأولى، لا يوجد إطار مرجعيّ خاصّ مفضّل على الآخر: كلا المراقبَين مصيبان في استنتاجهما على حدّ سواء.

الشكل 1

لماذا الزمن نسبيّ؟



ساعة حزمة ضوئيّة على متن قطار لا يتحرّك، تقيس الوقت من خلال حركة حزمة الضوء صعوداً وهبوطاً بين المرآتين. المراقب الجالس في القطار، وذلك الذي على أرض المحطّة، سيقيسان الفاصل الزمنيّ ذاته خلال كلّ دورة من دورات الساعة (حركة صعود وهبوط = تكّة واحدة)



عندما يتحرّك القطار بسرعة قريبة من سرعة الضوء، سيشاهد المراقب الواقف في المحطّة أنّ الحزمة الضوئيّة ترسم مساراً مائلاً أشبه بأسنان المنشار، أي أنّ المسافة التي تقطعها ازدادت، وبمَا أنّ سرعة الضوء ثابتة، لذلك لا بدّ أنّ الفاصل الزمنيّ الذي تستغرقه كلّ دورة من دورات الساعة قد ازداد، أي أنّ الساعة تباطأت بالنسبة له. كما أنّه سيرى القطار (وكلّ ما في داخله) قد أصبح أقصر، لكن فقط بالاتّجاه الموافق لحركة القطار.

تأثيرات تمدّد الزمن مهمَلةٌ بالنسبة للسرعات التي تتحرّك بها الأجسام في حياتنا اليوميّة، لكنّها تصبح هامّة عندما تقترب سرعة الجسم من سرعة الضوء

(لن أنشغل بمعادلة تمدّد الزمن هنا، مع أنّها تعتمد على رياضيّات لا تتعدّى مستوى المرحلة الإعداديّة، وتتضمّن الطرح والقسمة والجذر التربيعيّ). لنفرض أنّ صاروخ صديقتك ينطلق بسرعة تبلغ ثمانية أعشار سرعة الضوء، ستلاحظ أنّ ساعتها تتكتك بسرعة لا تتجاوز 60% من سرعتها الاعتياديّة. عندما تصل سرعة الصاروخ إلى تسعة أعشار سرعة الضوء، ستتكتك الساعة بنسبة 43% من معدّلها الأصليّ، وعند 99% من سرعة الضوء، ينخفض معدّل تكّات الساعة إلى 14% فقط (لا يمكن لصديقتكَ أن تبلغ سرعة الضوء، ولو بلغتْها، ستجد أنّ ساعتها توقّفتْ تماماً[1]).

من الجدير بالذكر أنّ المعادلات التي استخدمها آينشتاين في مقال الثلاثين من حزيران لم تكن جديدة، بل معروفة سابقاً لكلّ من بوانكاريه ولورينتز، لكنّ أيّاً منهما لم يخطُ خطوة حاسمة لتفسيرها، ولم يدركا كيف يمكن لمبدأ النسبيّة وكهرطيسيّة ماكسويل أن يتوافقا معاً من خلال التفكير بالزمان والفضاء وفق أسلوب جديد. آينشتاين على ما يبدو، كان يتمتّع بمقدرة فريدة على التراجع خطوة إلى الخلف كي يرى الصورة الكليّة بشكل أوضح. ربّما صبّت عزلته في مكتب براءات الاختراع في مصلحته، فقد فشل حتّى ذلك التاريخ بتحصيل وظيفة في المجال الأكاديميّ، وبالتالي كان معزولاً نوعاً ما عن مؤسّسات الفيزياء، ولا يكنّ ولاءً معيّناً لمبادئها المسبقة. بتعبير آخر، لم يكن لديه ما يخسره، «لقد كان غير منتمٍ على الإطلاق إلى التيّار الأكاديميّ السائد»، يقول المؤرّخ جيرالد هولتون من جامعة هارفارد -وهو علّامة فيما يتعلّق بآينشتاين- «لم يراهن على فيزياء القرن التاسع عشر وبدايات العشرين، لذلك ترك عقله يتجوّل على هواه. ليس لديه وظيفة أكاديميّة يخسرها، وبالتالي يمكنه أن يتحمّل المخاطر... استطاع أن يتعمّق في موضوعه أكثر ممّا فعل الآخرون».

مجتمع علماء الفيزياء، من ثمّ العالَم كلّه في نهاية المطاف، نظر إلى النسبيّة الخاصّة باعتبارها نظريّة ثوريّة، لكن آينشتاين لم يعتبرها كذلك إطلاقاً، وكان

1- هناك تأثيران آخران يستحقّان الذكر: طول الجسم المتحرّك سيبدو كأنّه تقلّص، كما أنّ كتلته -التي تمثّل مقاومةً للمزيد من التسارع- سوف تزداد. فالك

هدفه هو توسيع نظريّة ماكسويل عن الكهرطيسيّة، بحيث تشمل مجموعة أكبر من الظواهر. وبهدف التأكيد على أنّ سرعة الضوء ثابتة بالنسبة للجميع، لكن ليس الزمان ولا المكان، سمّى فكرته في البداية Invariantentheorie أي «نظريّة عدم الاختلاف»، إلّا أنّ بوانكاريه والفيزيائي الألمانيّ العظيم ماكس بلانك أطلقا عليها اسم «نظريّة النسبيّة»، وهو الاسم الذي لازمها.

مشكلةُ «الآنِ»

تباطؤ الساعة التي تتحرّك بسرعة عالية، هو طريقة واحدة لا غير من بين طرق كثيرة، تقوم النظريّة النسبيّة من خلالها بزعزعة مفهومنا المنطقيّ عن الزمن، إذ إنّها تجبرنا كذلك على إعادة النظر بفكرة «التزامن» simultaneity. نحن نقول إنّ الحدثَين متزامنان إذا وقعا معاً في الوقت نفسه، وهي فكرة صحيحة في عالَم نيوتن، أمّا في كون آينشتاين فنحن أمام مشكلة. قد يكون الحدثان متزامنَين بالنسبة لي، لكنّهما غير متزامنين بالنسبة لك ولحركتك، وهو ما يُدعى بـ «نسبيّةِ التزامن».

افترِضوا مجدّداً أنّ لدينا عربة قطار، مجهّزة هذه المرّة بجهازين بسيطين: في كلّ من طرفيها يوجد فلاش كاميرا، موصول إلى فوتوديود[1] مُجَهَّزٍ بحيث يعملُ عندما يصطدم به الضوء الصادر من أي مصدر، فيضيء الفلاش (الشكل 2، الجزء العلويّ). دعونا نعتبر أنّ العربة مظلمة تماماً، بحيث لا تعمل دارة الفلاش ما لم نقم نحن بإدخال منبع ضوئيّ إلى العربة. سنسمّي المجموعة الموجودة على اليسار A، والمجموعة التي على اليمين B، وسأقف في منتصف العربة بالضبط، وبيدي منبع ضوئيّ. إن أضأته، ماذا سيحدث؟ الضوء الذي ينبعث من المنبع الذي أحمله سيصل إلى A و B في الوقت نفسه، وسيجعلهما يعملان معاً. من منظوري أنا، إضاءة الفلاش في كلّ من A و B هما حدثان متزامنان.

1- Photodiode أو الديود الضوئيّ، نوع من أنصاف النواقل يقوم بتحويل الطاقة الضوئيّة إلى طاقة كهربائيّة، وهذه الطاقة الكهربائيّة ستستخدم في التجربة المذكورة لإضاءة الفلاش الموجود في نهاية العربة. المترجمة

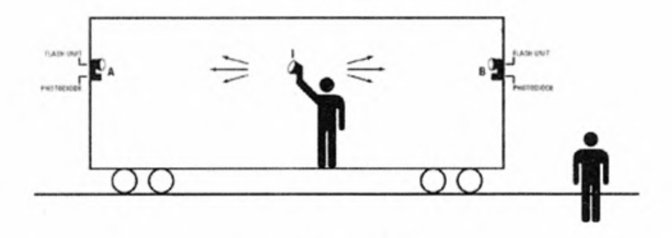
تخيّلوا الآن أنّ عربة القطار تتحرّك من اليسار إلى اليمين، بسرعة قريبة من سرعة الضوء (الشكل 2، الجزء السفليّ)، وأنا أقف في منتصفها، وأضيء المنبع الضوئيّ الذي أحمله. مجدّداً، سأرى الفلاشين في A وB يضيئان في وقت واحد بشكل متزامن (وفقاً لفرضيّة آينشتاين الأولى، يمكنني أن أعتبر نفسي ببساطة في حالة ثبات أنا وكلّ العربة، وأنّ رصيف المحطّة هو الذي يتحرّك)، ما الذي سيراه مراقب يقف على أرض المحطّة؟ من وجهة نظره، سيرى مؤخّرة العربة (الطرف A) وهي تلاحق حزمةَ الضوء الصادرة عن المنبع الضوئيّ الذي أحمله، أمّا مقدّمتها (الطرف B) فهي تهرب مبتعدة عنه، لذلك سيقطع الضوء برأيه مسافة أقلّ كي يصلّ إلى A، منها إلى B. حسب فرضيّة آينشتاين الثانية، سيرى المراقب حزمة الضوء تتحرّك بالسرعة c الثابتة، ويستنتج بالتالي أنّ الوقت اللّازم لوصول الضوء من يدي إلى A، هو أقلّ من الزمن اللّازم لوصوله إلى B. بكلمات أخرى، سيرى المراقب ضوء الفلاش في A قبل أن يرى ضوء الفلاش في B، وبالتالي الحدثان غير متزامنين بالنسبة له.

مع النسبيّة الخاصّة، لم يعد بإمكاننا القول إنّ الأحداث تتزامن بالمطلق. عوضاً عن ذلك، سنقول إنّ الأحداث قد تبدو متزامنة نسبةً لإطار مرجعيّ معيّن، وهو ما يصفه الفيزيائيّ برايان غرين بأنّه «واحد من أعمق اللمحات التي اكتشفناها عن طبيعة الواقع»... لكنّ الأمر أسوأ! ماذا نقصد حين نقول إنّ حدثاً معيّناً يحدث «الآن»؟! عندما نستعمل كلمة «الآن»، فنحن في الحقيقة نقارن حدثين: يمكنني أن أفرقع بأصابعي مثلاً، من ثمّ أسأل إن كان الحدث الآخر متزامناً مع فرقعة أصابعي أم لا، وإن تحقّق ذلك، سأقول إنّه يحدث «الآن». في كَونِ نيوتن، السؤال التالي مُبرَّر: «ما هي الأحداث التي تحدث في الكون الآن؟»، وسيتضمّن الجواب مجموعة مميّزة من الأحداث المبعثرة عبر المكان، لكن الموجودة ضمن «مقطع زمنيّ واحد». يمكنني أن أفرقع بأصابعي عند الظهيرة تماماً بالتوقيت الشرقيّ المعياريّ في 1 كانون الأوّل 2009، وسيكون أيّ حدث، في أيّ مكان في الكون، إمّا متزامناً مع فرقعة أصابعي أو غير متزامن. هذا يرضي نيوتن، أمّا آينشتاين فلا! كما رأينا قبل قليل، لا يوجد اتّفاق شامل بين المراقبين في نظريّة النسبيّة الخاصّة على ما إذا كانت الأحداث متزامنة حقّاً أم لا، وبالتالي لا توجد «الآن» عالميّة شاملة، كما علّق آينشتاين

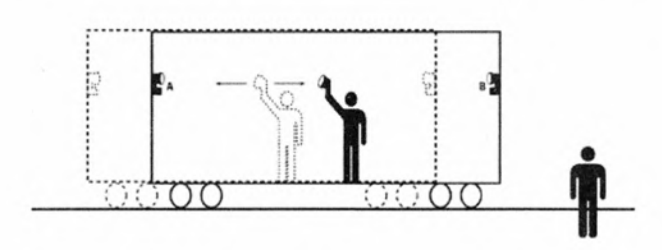
ذات مرّة: «لا توجد تكّات مسموعة في كلّ مكان في العالَم، ويمكن اعتبارها بمنزلة الزمن». (تروى عنه قصّة طريفة، مفادها أنّه أثناء إحدى المحاضرات التي ألقاها في زوريخ، غطّى السبورة بالساعات كي يوضّح مبدأ التزامن. بعد شرح مطوّل، سأل الحضورَ: «كم الساعة حقّاً؟ لا ألبس ساعة معصم»).

الشكل 2

لماذا التزامنُ نسبيٌّ؟



منبعٌ ضوئيّ يُضاء في منتصف عربة قطار ثابتة لا تتحرّك. بالنسبة للراكب وللمراقب الذي يقف على أرض المحطّة، سيصل الضوء الصادر من منتصف العربة إلى طرفيها في الوقت ذاته، وبالتالي سيضيء الفلاشان الموجودان هناك معاً بشكل متزامن.



منبعٌ ضوئيّ يُضاء في منتصف عربة قطار تتحرّك بسرعة قريبة من سرعة الضوء. بالنسبة للمراقب الموجود في المحطّة، سيرى أنّ مؤخّرة العربة A «تلحق» بالضوء الصادر من المنتصف أوّلاً، وبالتالي سيرى ضوء الفلاش الموجود فيها، قبل أن يرى ضوء الفلاش الموجود في B. الحدثان في A وB –ما يزالان متزامنين بالنسبة للراكب– غير متزامنين بالنسبة للمراقب في المحطّة.

من الصعب علينا أن نتخلّى عن فكرة «الآن» العالميّة. نحن نتخيّل أنّ عبارة «كلّ ما يحدث في الكون الآن»، تشير عندما ننطقها إلى مجموعة ذات مغزى من الأحداث، لكنّ آينشتاين بيّن لنا أنّ هذا التصريح في الحقيقة لا يحمل معنى واضحاً، كلّ مراقب سيكون لديه قائمته الخاصّة التي تتضمّن أحداثاً يبدو أنّها تحدث «الآن»، ولا توجد قائمة أصحّ من غيرها. لا توجد «ساعة رئيسة» في الكون، بإمكانها أن تحدّد لنا ما الذي يحدث في وقت معيّن... «الآن» -وهي إحدى أبسط الكلمات وأكثرها شيوعاً واستعمالاً في لغتنا- تنزلق من قبضتنا.

لن يكون نيوتن مسروراً، لكن في القرن الذي تلا إطلاق نظريّة النسبيّة الخاصّة، أكّدت تجارب لا تحصى توقّعاتِ تلك النظريّة، وتمّ التوصّل إلى معيار قياسيّ جديد في خريف عام 2007، عندما قام فريق من العلماء بقيادة جيرالد غوينر من جامعة مانيتوبا، بتأكيد أنّ مقدار تأثير التمدّد الزمنيّ يساوي جزءاً واحداً من عشرة ملايين. استخدم غوينر وفريقه مسرّعاً خطّياً[1] في ألمانيا، كي يجعلوا أيونات الليثيوم تنطلق في أنبوب دائريّ بسرعة تبلغ 6% من سرعة الضوء، من ثمّ استعملوا الليزر لتحريض الأيونات وإجبارِها على إصدار إشعاع. وبما أنّ الإشعاع هو أمواج كهرطيسيّة مهتزّة، لذلك يمكن اعتباره بمنزلة ساعة: كلّ دورة من الإشعاع تُعتَبر بمنزلة تكّة واحدة من تكّات الساعة. وجد الفريق أنّ تكّات الساعة تلك تتباطأ باستخدام السرعة العالية المطبّقة في تجربتهم، أي أنّ تواتر الإشعاع ينخفض، وهذا الانخفاض في التواتر هو ما توقّعته نظريّة النسبيّة الخاصّة.

في خريف 1905، نشر آينشتاين بحثاً ملحقاً قصيراً، كشف فيه عن نتيجة

1- Linear accelerator جهاز يتمّ من خلاله إعطاء دفعات صغيرة متتالية من الطاقة للجسيمات ما تحت – الذريّة، أو للأيونات، عندما تمرّ عبر حقول كهربائيّة متناوبة مرتّبة بشكل خطّيّ. تتراكم الدفعات معاً، فتعطي الجسيم طاقة عالية جدّاً أكثر ممّا يمكن لحقل كهربائيّ واحد إعطاؤه، ممّا يكسبه تسارعاً هائلاً. تطبيقات المسرّع الخطّيّ متعدّدة، منها دراسة الجسيمات في الفيزياء الذريّة، وكذلك العلاج الشعاعيّ للأورام. المترجمة

مفاجئة أخرى من نتائج فرضيّاته، هي الرابطة بين الكتلة والطاقة، التي تعبّر عنها واحدة من أشهر المعادلات في الكون:

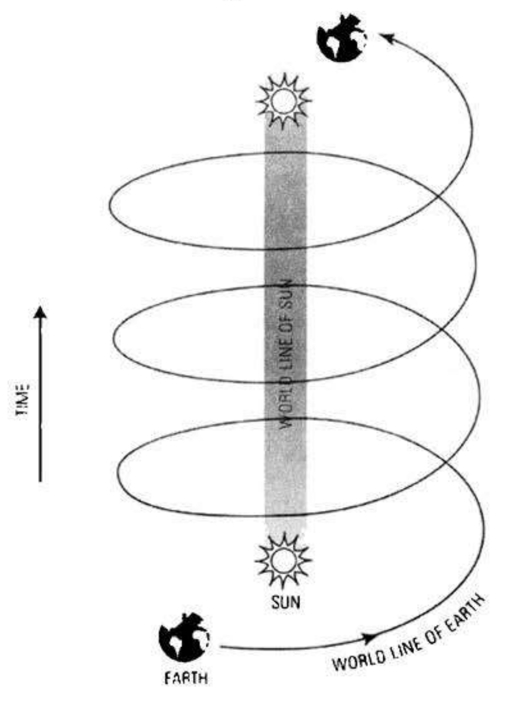
$$E = mc^2$$ [1]

مع نظريّة النسبيّة الخاصّة، أصبح الزمان والمكان مترابطين على نحو أوثق ممّا تخيّله نيوتن. في عالمه، يمكن لحدثين معيّنين أن يكونا منفصلين في الزمان، أو المكان، أو كليهما، ويتمّ تحديد الموقع في الفراغ بثلاثة أرقام (مثلاً، الطول والعرض والارتفاع)، أمّا اللحظة في الزمن فمن الممكن وصفها بالإشارة إلى مرجع واحد (كأن نحدّد التوقيت الدقيق والتاريخ). في نظريّة النسبيّة الخاصّة، علينا أن نتخيّل أنّنا ندمج هاتين المجموعتين من المعلومات معاً، وأن نفكّر بالأحداث على أنّها تتوضّع وفق ترتيب رباعيّ الأبعاد ندعوه بـ «الزمان-المكانيّ» spacetime، وهي فكرة ستتبلور معادلاتها الرياضيّة بدقّة على يد أستاذ آينشتاين السابق في مادّة الرياضيّات، هيرمان مينكوفسكي (1864-1909). في تصريح شهير له أثناء محاضرة ألقاها عام 1908، ودّع مينكوفسكي الرؤية التقليديّة للزمان والمكان: «لذلك، المكان المستقلّ والزمان المستقلّ سيتقهقران إلى الظلّ، ولن يبقى مستقلّاً إلّا نوع جديد من الاتّحاد بينهما».

تخيُّلُ مشهدٍ رباعيّ الأبعاد ليس سهلاً، لكن إن أهملنا أحد الأبعاد المكانيّة، سيسهّل علينا ذلك أن نرسم الأشياء من منظور الزمان-المكانيّ الخاصّ بآينشتاين: سنرسم البُعدين المكانيَّين الباقيَين في مستوى أفقيّ، ونتخيّل أنّ المحور العموديّ يمثّل الزمن. يدعى مسار الجسم عبر الزمان-المكانيّ بـ «خطّ عالَم» ذلك الجسم world line. في هذا التصوّر، سنرى نظاماً مألوفاً مثل الشمس والأرض على سبيل المثال من منظور جديد (الشكل 3): إن اخترنا إطاراً مرجعيّاً تكون الشمس فيه ثابتة، سيكون خطّ عالَمها عموديّاً مستقيماً، أمّا خطّ العالَم الخاصّ بالأرض فسيصبح لولبيّاً.

1- في هذه المعادلة E هي الطاقة، m هي الكتلة، c هي سرعة الضوء كما مرّ معنا. بما أنّ سرعة الضوء كبيرة جدّاً -c^2 أكبر بكثير- لذلك حتّى الكمّية الضئيلة من الكتلة يمكن أن تنقلب إلى طاقة هائلة. فالك

الشكل 3



تخيّلُ الزمان–المكانيّ: لا يمكننا أن نرسم تمثيلاً رباعيّ الأبعاد، لذلك نتجاهل واحداً من الأبعاد المكانيّة، ونتخيّل مشهداً ثلاثيّ الأبعاد يكون الزمن فيه بمنزلة البُعد الثالث. في هذا المخطّط لمنظومة الأرض – الشمس، يُمثَّل الزمنُ على المحور العموديّ، بينما يأخذ مسار الأرض (خطّ العالَم الخاصّ بها) مساراً لولبيّاً.

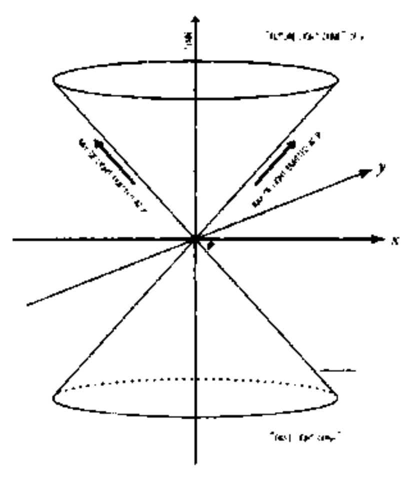
هناك مبدأ آخر هامّ يساعدنا على تصوّر كيف ترتبط الأحداث في الزمان–المكانيّ بعضها ببعض، وهو ما يدعوه الفيزيائيّون بـ «مخروط الضوء» light cone (الشكل 4). مجدّداً، سنتصوّر أنّ المكان يمتدّ في المستوى الأفقيّ، والزمان في المستوى العموديّ. سنفترض أنّ ومضة من الضوء صدرت في لحظة معيّنة من النقطة P (في الحقيقة، علينا أنّ نسمّي النقطة P بـ «الحدَث» event، أي أنّها نقطة معزولة في الزمان والمكان). ستنتقل أشعّة الضوء من النقطة P نحو الخارج بسرعة الضوء، وتحدّد منطقةً في الزمان–المكانيّ

على شكل مخروط تقع P في قاعه. يُدعى هذا المخروط بـ: مخروط الضوءِ المستقبليّ للحدث P».

تذكّروا: لا شيء ينتقل أسرع من الضوء، لذلك، الجزء الذي يحصره المخروط المذكور من الزمان–المكانيّ، يمثّل كامل المنطقة التي يمكن لشخص يقف في النقطة P أن «يزورها». في الحقيقة، لا يمكن للحدث P (النقطة P) أن يؤثّر أيّ تأثير مهما كان، في أيّ جزء من الزمان–المكانيّ يقع خارج المخروط الخاصّ بها. بطريقة مماثلة، يمكننا أن نرسم مخروطاً ثانياً يتّجه للأسفل -أي يتّجه نحو الخلف في الزمن- تقع النقطة P في رأسه، وهو يمثّل «مخروطَ ضوءِ ماضي الحدث P»، ويمكن فقط للأحداث التي تقع ضمن هذا المخروط أن تؤثّر في P. سأكرّر أنّ وجهة النظر هذه تتناقض تناقضاً صارخاً مع رأي نيوتن، ففي النظريّة الكلاسيكيّة، ودون وجود حدّ أعلى للسرعة، يمكن أن نؤثّر في أيّ منطقة في الزمان–المكانيّ طالما أنّها موجودة في المستقبل، ويمكن أن نتأثّر بأيّ حدث من أيّ منطقة في الزمان–المكانيّ طالما أنّها تقع في الماضي. على العكس منها، النظريّة النسبيّة الخاصّة تزيح معظم الكون إلى خارج نطاق التأثير.

ماذا نستنتج من مفاهيم مثل «الماضي والمستقبل»، أو «قبل وبعد»، في زمان – مكانيّ رباعيّ الأبعاد؟ الوضع فوضويّ أكثر بقليل ممّا توحي به تلك الخطوط المستقيمة التي ترسم مخاريط الضوء. بفضل التزامن النسبيّ، قد يكون حدثٌ ما موجودٌ في ماضيّ أنا، حدثاً موجوداً في مستقبلكَ، والعكس بالعكس. كلّ ما يلزم هو أن يكون الحدث موجوداً في البعيد، وأنّ كلّاً منّا يتحرّك بالنسبة للآخر. العديد من العلماء بالإضافة إلى بعض الفلاسفة، يعتبرون الزمان–المكانيّ في النسبيّة الخاصّة، برهاناً على أنّ أحداث الماضي والمستقبل حقيقيّة مثل أحداث الحاضر تماماً، إذ يبدو أنّ كلّ الأحداث تتموضع معاً في آن واحد، ضمن نوع من المقطع شبيه جدّاً بـ «الكون المقطعيّ» الذي تعرّفنا عليه في الفصل السابق، ضمن السلسلة ب التي وصفها ماك تاغارت، وهذا الكون المقطعيّ يحظى الآن بدعم أعظم عالم فيزياء في القرن العشرين، بفضل النسبيّة الخاصّة.

الشكل 4



المخروط الضوئيّ: الأحداث التي تقع في «مخروط ضوء الماضي للحدث P» فقط يمكنها ان تؤثّر في الحدث P، وبشكل مشابه، فقط الأحداث التي تقع في «مخروط الضوء المستقبليّ للحدث P» يمكن أن تتأثّر بـ P. في هذا الشكل الترسيميّ للزمان-المكانيّ، تمّ تمثيل بعدين مكانيّين فقط، أمّا البعد العموديّ فيمثّل الزمن.

إلى أين قادت هذه الفكرة آينشتاين؟ تقترح كتاباته أنّه على غرار بارميندس وأوغسطين وماك تاغارت، نظر إلى فكرة الزمن -أو على الأقلّ إلى «جريان» الزمن- باعتبارها أمراً غير موجود «هناك» في الكون، بل في «داخل» كلّ منّا بالأحرى. «ذلك الشعور الشخصيّ البدائيّ بمرور الزمن» قال ذات مرّة، «يتيح لنا أن نرتّب انطباعاتنا، كي نحكم على حدث ما أنّه وقع أوّلاً، وعلى حدث آخر أنّه وقع لاحقاً».

يتّفق العديد من الفلاسفة مع وجهة نظر آينشتاين. الفيلسوف الأمريكيّ هيلاري بوتنام استغلّ فكرة عدم وجود «الآن» عالميّة، كي يجادل أنّ أحداث المستقبل محتومة تماماً. لنفترض أنّ هناك حدثاً ما -انتخابات على سبيل المثال- موجوداً في مستقبلي، لكنّه يقع في ماضيك (أذكّركم مرّة ثانية: رغم أنّ هذا الوضع يبدو غريباً، لكنّه محتمل جدّاً في النسبيّة الخاصّة، اعتماداً على سرعة كلّ منّا، وعلى المسافة التي تفصلنا)، يجادل بوتنام أنّه في

اللحظة التي نتقاطع فيها، أنا مجبر على اعتبار كلّ الأمور التي تعتبرها أنت حقيقيّة، حقيقيّةً بدوري، بما في ذلك نتائج الانتخابات التي لم تحدث بعد من منظوري أنا! بلا شكّ، هذا يزعزع أفكارنا التقليديّة عن الإرادة الحرّة، وعن انفتاح المستقبل. ليس المستقبل وحده ما سيخضع للفحص والتعديل: من خلال مناقشة منطقيّة مماثلة، أنا مجبر كذلك على اعتبار الأحداث التي وقعت في ماضيّ كأنّها «ما زالت حقيقيّة»، لأنّها تحدث في الوقت الراهن من منظورك أنت.

نقاش بوتنام أقنع الفيلسوفَ مايكل لوكوود: «إن تعاملنا مع منظور الزمان–المكانيّ بجديّة» يكتب، «هذا يعني في الواقع أن نعتبر كلّ الأحداث التي وقعت يوماً، أو التي تحدث في أيّ زمان وأيّ مكان، حقيقيّة تماماً مثل مفهومي الآن وهنا بالضبط». صورة «الكون المقطعيّ» هذه، بإدغامها الغريب للماضي والحاضر والمستقبل، ما زالت تتلاعب بالفلاسفة والفيزيائيّين. أؤكّد مجدّداً، كلّ نقطة في الزمان–المكانيّ لها ماضٍ ومستقبل يتحدّدان بمخاريط الضوء، ولكن بما أنّ كلّ نقطة لها مخاريط خاصّة بها، لذلك لا يوجد «مستقبلٌ شامل» أو «ماضٍ شامل»، كما يشرح الفيزيائيّ والكاتب بول ديفيس: «تقسيم الزمن إلى ماضٍ وحاضر ومستقبل، يبدو بحدّ ذاته عديم المعنى من الناحية الفيزيائيّة».

تحفةُ آينشتاين

مقال آينشتاين في حزيران 1905، كان مجرّد البداية. النسبيّة الخاصّة صالحة فقط لدراسة الأجسام التي تتحرّك بسرعة ثابتة، لا تلك التي تتسارع، كما أنّها تتجاهل الجاذبيّة. بذل آينشتاين جهده سعياً وراء نظريّة متكاملة أكثر، إلى أن واتته فكرة تُعتبر بمنزلة فتح علميّ ذات يوم من أيّام 1907، وذلك اعتماداً على صورة ذهنيّة بسيطة أخرى: «إن سقط إنسانٌ ما سقوطاً حرّاً، لن يشعر بوزنه!» تعجّب آينشتاين، «هذه التجربة الذهنيّة البسيطة تركت انطباعاً عميقاً عليّ».

مال آينشتاين إلى استنتاج هامّ حول الحركة المتسارعة، يشبه ذاك الذي

استنتجه غاليليو حول الحركة بسرعة ثابتة. قال غاليليو إنّك لو كنتَ ضمن مركبة بلا نوافذ، لا توجد طريقة تمكّنكَ من معرفة ما إذا كنتَ ثابتاً في مكانك، أم أنّك تتحرّك بسرعة منتظمة. أدرك آينشتاين أنّك لو كنتَ في عربة مماثلة، وشعرتَ بقوّة تشدّك إلى الأسفل، عندها إمّا أنّك تتسارع إلى الأعلى أو أنّك تشعر بقوّة الجاذبيّة تسحبك، وهما قوّتان متكافئتان تماماً (فكّروا كيف نشعر للحظة بأنّنا أصبحنا أثقل، عندما يبدأ المصعد بالتحرّك إلى أعلى).

كان ذلك الرابط بين التسارع والجاذبيّة، مفتاحَ تطوير إطار عملٍ جديد لوصف كلّ من الظاهرتين، وتطلّب براعةً عظيمة في الرياضيّات لاستنتاج التفاصيل، إذ لجأ آينشتاين عوضاً عن هندسة إقليدس «المسطّحة»، إلى «الهندسة المنحنية» التي طوّرها آنذاك الرياضيّ الألمانيّ جي. إف. برنارد ريمان (1826–1866). «لم أعانِ في حياتي هكذا!» قال لأحد زملائه، «وهذا ما ألهمني احتراماً عميقاً للرياضيّات... النسبيّة الأولى تبدو لعبة أطفال بالمقارنة مع هذه المعضلة».

مع نهاية 1915، انتهى آينشتاين من تطوير وصف رياضيّ جديد تماماً للجاذبيّة، أصبح معروفاً بنظريّة النسبيّة العامّة أو «النسبيّة العامّة» اختصاراً، لتمييزها عن نظريّة النسبيّة الخاصّة السابقة. تعاملت هذه النظريّة مع الجاذبيّة بطريقة جديدة مختلفة: بالنسبة لنيوتن، الجاذبيّة هي قوّة تؤثّر عن بُعد. بالنسبة لآينشتاين، الجاذبيّة هي التواءٌ أو انحناء في الفضاء بحدّ ذاته (المقارنة الأكثر شيوعاً هي تشبيه الجاذبيّة بصفحة مطّاطيّة كبيرة. عندما توضع كرة بولنغ ثقيلة على الصفحة، ستتسبّب بانحنائها بمقدار يتناسب مع كتلة الكرة، أمّا الدحل الصغيرة التي تتدحرج بالقرب منها، فستنحرف نتيجة الانحناء الحادث في الصفحة). الشمس تُبقي الأرضَ في مدارها بواسطة هذا الانحناء، والمادّة في عالم آينشتاين تشوّه نسيجَ الكون بحدّ ذاته، ونحن نشعر بذلك التشوّه على أنّه قوّة الجاذبيّة. بالنسبة لنيوتن، الزمان والمكان هما بمنزلة خلفيّة ستاتيكيّة، أو مسرح تجري عليه الأحداث الفيزيائيّة، أمّا بالنسبة لآينشتاين، فالزمان والمكان بحدّ ذاتهما هما ممثّلان ديناميكيّان في الدراما الكونيّة.

النجاح الأوّل الذي حقّقته النسبيّة العامّة، كان حساب مدار كوكب

عطارد. منذ أواسط 1800، لاحظ الفلكيّون أنّ عطارد لا يتبع مداراً إهليليجيّاً مثاليّاً حول الشمس، بل ينحرف مداره قليلاً كلّما أكمل دورة. هذا التأثير الذي يدعوه الفلكيّون بالانزياح أو الانحراف precession ضئيلٌ جدّاً، أقلّ من 0.01 درجة كلّ قرن، ولم تتمكّن هندسة نيوتن من تعليله، أمّا نظريّة آينشتاين فقد فسّرته بدقّة.

بعد ثلاث سنوات، خضعت نظريّة النسبيّة العامّة إلى اختبار أهمّ: بما أنّ الشمس تسبّب انحناءَ الفضاء حولها، لذلك يجب أن تسبّب انحرافاً في مسار الضوء الصادر عن نجم ما، إن مرّت الأشعّة بالقرب منها. بكلمات أخرى، عندما تمرّ الشمس من أمام نجم بعيد، سيبدو لنا موقع النجم -كما نراه من الأرض- منزاحاً بشكل طفيف عن موقعه الحقيقيّ. لا نستطيع مراقبة هذه الظاهرة عادةً لأنّ الشمس شديدة السطوع، لذلك ينتظر الفلكيّون حدوث كسوف كليٍّ، كي يحجب القمرُ ضوءَ الشمس. تأكّدت توقّعاتُ آينشتاين خلال كسوف 29 أيّار 1919، إذ بدت صور النجوم البعيدة منزاحة عن مواقعها كما تنبّأت النظريّة بالضبط. عندما أُعلنتِ النتائجُ لاحقاً أثناء اجتماع في لندن خلال تشرين الثاني 1919، شدّ الخبر انتباه العالَم بأسره، وأعلنت جريدة التايمز اللندنيّة عن «ثورة علميّة»، وبعد عدّة أيّام هلّلت نيويورك تايمز لأنّ «الضوء كلّه منحرف في السماوات»، وبقي آينشتاين مشهوراً طيلة حياته رغم ممانعته لذلك.

الزمن، الجاذبيّة، والثقوب السوداء

عندما نفكّر بجسم ثقيل يسبّب انحناء الفضاء من حوله، نتخيّل كرة بولنغ على صفحة مطّاطيّة مشوّهة، لكنّنا نغفل أمراً في غاية الأهميّة: الجسم الثقيل يسبّب انحناء المكان، والزمان، بالقرب منه (في الواقع، بما أنّ النسبيّة العامّة مبنيّة على النسبيّة الخاصّة، سنقول ببساطة إنّ الجسم يشوّه الزمان-المكانيّ). النسبيّة العامّة بيّنت أنّ الزمن يتباطأ في حقل الجاذبيّة، وكلّما كان الحقل أقوى أصبح تأثيره أعظم (وهذا يدعى بتمدّد الزمن بفعل الجاذبيّة). لنفترض أنّ اثنين من متسلّقي الجبال انطلقا في رحلة عبر تلال

إسكتلندا، وهما يحملان ساعتين متزامنتين بدقّة. المتسلّق الذي يتبع الطريق الأكثر ارتفاعاً، سيجد أن ساعته تسبق ساعةَ زميله الذي اختار الطريق الوطيء (في هذا المثال، الفرق ضئيل للغاية بالطبع، ويصعب على ساعة عاديّة تسجيله). برهنت تجارب كثيرة على تمدّد الزمن بفعل الجاذبيّة، أبرزها تجربة أجريتْ عام 1971 حين وضع العلماء ساعات ذريّة على متن طائرات نفّاثة تجاريّة، وأرسلوها حول العالَم، من ثمّ قارنوها لاحقاً بساعات ذريّة بقيت على الأرض. التجربة معقّدة أكثر ممّا تبدو عليه لأنّها لا تختبر النسبيّة العامّة فقط (الساعات في الطائرة كانت على ارتفاع أعلى من تلك التي بقيت على الأرض، وبالتالي فهي تخضع لحقل جاذبيّة أضعف)، بل النسبيّة الخاصّة أيضاً (الساعات على متن الطائرات كانت تتحرّك بسرعة عالية). تمكّن العلماء من التفريق بين تأثيرات كلّ من النظريّتين، وحصلوا على نتائج تتماشى مع نظريّة آينشتاين[1]. أجريت تجارب أخرى مماثلة على الأرض، على سبيل المثال اكتشف العلماء أنّ الساعة الذريّة الموجودة في مختبر الولايات المتّحدة الأمريكيّة في بولدر، كولورادو -يقع على ارتفاع 1600م فوق سطح البحر- تكسب 5 ميكرو ثانية كلّ سنة، مقارنةً مع ساعة مماثلة موجودة في مرصد غرينتش، بريطانيا، الذي لا يرتفع أكثر من 25 متراً عن سطح البحر.

حتّى الآن، كلّ التجارب التي أجريت لاختبار النسبيّة العامّة أكّدت صحّة توقّعات آينشتاين. دعونا لا ننسى أنّ أجهزة تحديد المواقع GPS، يجب أن تأخذ بعين الاعتبار كلّاً من النسبيّة العامّة والخاصّة كي تؤدّي وظيفتها بدقّة.

في معظم الحالات، انحناء الزمان–المكانيّ الذي تسبّبه الجاذبيّة ضئيل للغاية، لذلك لم يكتشفه أحد طيلة تلك السنوات (الشمس أثقل من الأرض بـ300 ألف مرّة، ومع ذلك تسبّب حقل جاذبيّتها بانحراف الضوء في كسوف عام 1919 بمقدار $\frac{1}{2000}$ درجة فقط لا غير)، لكنّ النسبيّة العامّة تنبّأت بأنّ الأجسام الهائلة الضخامة تحني الزمان–المكانيّ بشدّة. الثقوب السوداء هي

1- هناك تأثير ثالث توجّب عليهم عزله: دوران الأرض بحدّ ذاته يسبّب تمدّد الزمن! فالك

المثال الأكثر تطرّفاً، فهذه التراكيب العجيبة تحني الزمان والمكان بشدّة، لدرجة أنّها تعزل نفسها عن بقيّة العالَم.

يتشكّل الثقب الأسود عندما يستنفد نجم عملاق وقودَه النوويّ، ويصبح بالتالي غير قادر على تحمّل وزنه، لذلك يبدأ بالانهيار. إن كان النجم ضخماً بما يكفي -أكثر من ثلاثة أضعاف كتلة شمسنا تقريباً- لا شيء سيوقف انهياره: ستسبّب الجاذبيّة انكماشَ النجم الميت على نفسه، من ثمّ، عندما يتقلّص حجمه إلى ما دون عتبة حرجة تدعى بـ «أُفُقِ الحدث» event horizon يحدث شيء عجيب: يصبح خفيّاً! لا يمكن لأيّ شعاعٍ ضوئيّ يصدر من داخل أفق الحدث أن يفلت إلى الخارج، لأنّ قوّة الجاذبيّة التي تشدّه إلى الداخل هائلة ببساطة. كلّ ما يوجد داخل أفق الحدث سيكون معزولاً تماماً عن العالَم الخارجيّ. نحن لا نستطيع رؤية الثقوب السوداء، لكن هناك أدلّة عديدة غير مباشرة على وجودها، ومن المحتمل وجود ثقوب سوداء سوبر ضخمة في مركز معظم المجرّات، بما في ذلك مجرّتنا درب التبّانة.

إن سقط رائد فضاء داخل ثقب أسود، سيرى مراقب بعيد أنّ ساعة رائد الفضاء تتباطأ لدرجة أنّها تكاد تتوقّف، وأنّها ستتوقّف بالفعل عند وصول رائد الفضاء إلى أفق الحدث. من وجهة نظر رائد الفضاء، سيستمر الزمن بالجريان بشكل طبيعيّ أثناء سقوطه في الثقب الأسود، حتّى موته على الأغلب (في الحقيقة، الإشعاع الشديد الصادر من المنطقة الملاصقة للثقب الأسود، بالإضافة إلى التأثير المدّيّ tidal effect[1] لحقل الجاذبيّة، سيقتلان رائد الفضاء حكماً قبل أن يجتاز أفق الحدث). بالنسبة لنا، نحن الذين نراقب ما يجري بعيداً عن الثقب الأسود، سنرى أنّ رائد الفضاء سيبقى طافياً إلى الأبد في أفق الحدث، ومتجمّداً في الزمن.

لقد غيّرت النسبيّة العامّة كلّاً من الفيزياء الفلكيّة Astrophysics، والكوزمولوجيا (دراسة أصل الكون وتطوّره) إلى الأبد، وتبدّل فهمنا لولادة

1- يشير هذا المصطلح إلى الاختلاف في قوّة الجاذبيّة في المناطق المختلفة. إن سقط الرائد في الثقب الأسود بحيث تدخل قدماه أوّلاً، ستسحب الجاذبيّة قدميه أكثر من رأسه، مع نتائج كارثيّة بالطبع. فالك

الكون كليّاً بفضل نظريّة آينشتاين. سنبحث هذا الموضوع بالتفصيل في الفصل التاسع، عندما نناقش كيف بدأ كلٌّ من الزمن والكون.

كيف يتوجّب علينا الآن أن نتصوّر الزمن بناء على نظريّة النسبيّة العامّة؟ هناك خطوط العالَم world line، ومخاريط الضوء light cones، لكنّ المخاريط قد تكون مائلة، وخطوط العالَم قد تكون ملتوية نظراً لأنّ الزمان–المكانيّ بحدّ ذاته مُشوَّه بفعل الجاذبيّة. مع ذلك، معظم الفلاسفة يعتبرون أنّ الإطار العامّ للنظريّة يتوافق مع فكرة الزمن المقطعيّ، التي ناقشنا سابقاً علاقتها مع النسبيّة الخاصّة (في النسبيّة العامّة، سيبقى التزامن نسبيّاً كذلك). يجدر بنا ألّا ننسى أنّ معادلات النسبيّة العامّة متناظرة زمنيّاً، تماماً مثل معادلات نيوتن، وألّا شيء في النظريّة النسبيّة يتعامل مع سؤال جريان الزمن الظاهريّ.

الثورة الكموميّة

لا بدّ أنّه شعور جميل ذاك الذي سيراودك عندما تعلم أنّك سترىح جائزة نوبل! بحلول عام 1920، آينشتاين الذي أصبح سوبر ستار عالميّاً واسماً ذائع الصيت، كان يعرف أنّه يستحقّ الجائزة منذ زمن طويل. في الواقع، رُشِّح لنيلها عدّة مرّات بدءاً من عام 1910، لكنّها حُجِبَتْ عنه لأسباب كثيرة بعضها سياسيّ وبعضها له علاقة بالعلم، إذ اعتقد الكثيرون أنّ النظريّة النسبيّة تجريديّة للغاية وغير تطبيقيّة، على الأقلّ قبل كسوف 1919. كما أدرك آينشتاين أنّه لن يحتفظ بنقود الجائزة، فقد سبق أن وعد بإعطائها لزوجته السابقة ميلفا ماريش كجزء من تسوية الطلاق (تطلّقا عام 1919، وتزوّج آينشتاين بابنة عمّه إلزا لوينثال لاحقاً في ذلك العام). عندما ربح الجائزة أخيراً عام 1921، لم تُذْكَر النسبيّة بين أسباب منحها له، بل أحد أبحاثه التي كتبها خلال «سنة المعجزة» عام 1905، إذ ربح نوبل عن «إسهاماته في الفيزياء النظريّة، وعلى وجه الخصوص اكتشافه القانون الخاصّ بالأثر الضوئيّ– الكهربائيّ photoelectric».

ذلك البحث، الذي كتبه آينشتاين بقبل أسابيع قليلة من بحثه عن النسبيّة

الخاصّة، درس الطريقة التي يتفاعل بها الضوء مع المعادن، والمعروفة بالتأثير الضوئيّ- الكهربائيّ، حيث قدّم إسهاماً رئيسيّاً لحقل علميّ جديد هو النظريّة الكموميّة Quantum Theory، التي بدأت على يد ماكس بلانك عام 1900. بلانك كان يحاول جاهداً تفسير طيف الإشعاع[1] الذي تصدره الأجسام الساخنة، ووجد أنّ نظريّات نيوتن وكهرطيسيّة ماكسويل لا تكفي كتفسير. في النهاية، هداه تفكيره إلى أنّ الطاقة الحراريّة المنبعثة عن الجسم لا تصدر كتيّار مستمرّ، وإنّما بشكل «صرر» منفصلة متناهيةٍ في الصغر من الطاقة. أطلق بلانك على صرر الطاقة تلك اسم «الكوانتوم» quantum، الذي اشتقّه من مفردة لاتينيّة تعني «كم؟».

لن نغوص كثيراً في تفاصيل النظريّة الكموميّة. يكفينا أن نعرف أنّها خلال عقود قليلة من اكتشافها، تحوّلتْ إلى منظومة جديدة من الميكانيك، حلّت محلّ ميكانيك نيوتن في المسائل المتعلّقة بالمسافات الصغيرة. ميكانيك نيوتن جيّدٌ بالنسبة لكرات البيسبول والطائرات طالما أنّها تتحرك بسرعة أقلّ من سرعة الضوء، لكن من غير الممكن دراسة عالم الذرّات وما تحت – الذرّة إلّا من خلال النظريّة الكموميّة (ولذلك نشير إلى نظريّة نيوتن بـ: الميكانيك الكلاسيكيّ).

تختلف النظريّة الكموميّة اختلافاً جذريّاً عن ميكانيك نيوتن. أوّلاً، النظريّة الكموميّة «احتماليّة» في صميمها: في الميكانيك الكلاسيكيّ، سيكون أيّ جسيم إمّا متواجداً في الموقع x أو غير متواجد فيه، أمّا في النظريّة الكموميّة فلسنا متأكّدين، نستطيع فقط أن نقول إنّنا نحاول تحديد موقع الجسم، وإنّ هناك احتمالاً معيّناً لوجوده في الموقع x، إذ يمكن للجسم وفق النظريّة الكموميّة أن يشغل عدّة مواقع معاً إلى أن نقيسه. بشكل عام، قد تأخذ المنظومة الكموميّة عدّة «حالات» في آن واحد، وهي ظاهرة تُعرَف بـ «التراكب» superposition. عندما نراقب منظومة كموميّة -أي عندما نقوم بقياسها- تنهار المنظومة، ونحصل عندها فقط على نتيجة

1- Spectrum of the hot body يشير إلى طيف الإشعاع الصادر عن الجسم الساخن بأطوال موجية متعدّدة. فالك

وحيدة محدّدة (على الأقلّ، هكذا يستعرض «شرحُ كوبنهاغن» للميكانيك الكموميّ كيف يحدث «الانهيار»، وهناك تفسير آخر يُدعى بـ«العوالم المتعدّدة» سنتطرّق إليه في الفصل القادم).

الزمنُ والكموميّة

ما هو مصير الزمن في العالَم الكموميّ؟ غالباً ما نسمع أنّ الطبيعة الاحتماليّة للقياسات الكموميّة تبتعد حكماً عن الحتميّة، وتقودنا كما يدّعي مناصروها إلى مستقبل «مفتوح». بأيّ حال، الأمور ليست بهذه البساطة: المعادلة التي تصف كيف ستتطوّر حالة كموميّة –والمعروفة باسم معادلة شرودنغر Schrödinger– هي حتميّة، وتنصّ على أنّ الحالة الكموميّة تتطوّر في الواقع بطريقة متوقّعة (هذه المعادلة هي أيضاً متناظرة زمنيّاً). ستتطوّر المنظومة الكموميّة بطريقة متوقّعة إلى أن «نتدخّل من خلال إجراء قياس»، وعندها تماماً تنهار الدالّة الموجيّة[1]. انهيار الدالّة الموجيّة غير عكوس، ممّا يقترح صلة مع سهم الزمن يصفها بول دايفس بالقول: «مع فعل القياس، يُقذَف واقعٌ reality وحيد معيّن من ضمن تشكيلة احتمالات واسعة... المحتَمَل ينتقل إلى الواقع، المستقبل المفتوح ينتقل إلى الماضي الثابت، وهو ما نقصده تحديداً بمرور الزمن».

ربّما تقود النظريّة الكموميّة إلى فهم أعمق لسهم الزمن، لكنّها في الوقت ذاته تهدّد بالانقلاب على بعض الأفكار العزيزة علينا حول السبب والنتيجة. في العالَم الكلاسيكيّ، كلّ حدثٍ له سبب حتّى ولو لم نتمكّن من استنتاجه. في العالَم الكموميّ، بعض الأحداث –كتفكّك الذرّات المشعّة مثلاً– يمكن

1- the wave function: تقوم بتحديد احتمال وجود الجسيم في أي نقطة من الفراغ يمكن له التواجد فيها، وهي أداة لوصف الجسيمات وحركتها وتأثرها مع جسيمات أخرى مثل الذرة أو نواة الذرة. حسب النظريّة الكموميّة، بالنسبة للإلكترون مثلاً، لا يمكننا أن نعرف موقعه بالضبط حول النواة، وإنّما نستعمل الدالة الموجية لتدل على «احتمال» وجوده في عدّة مواقع في آن واحد، وهو ما يدعى بالتراكب، وعندما نقيس موقعه بدقّة «تنهار» الدالة من مجموعة احتمالات (مواقع) لتدلّ على موقع وحيد. المترجمة

أن يحدث فحسب، وهذا افتراق راديكاليّ عن مبدأ السبب والنتيجة الذي اعتدنا عليه في الفيزياء الكلاسيكيّة. ربّما يجب علينا أن نتقبّل هذا، فقد تمّ إثبات صحّة النظريّة الكموميّة تماماً مثل النسبيّة الخاصّة بعدد لا يُحصى من التجارب، كما أنّنا في كلّ مرّة نستخدم فيها جهازاً يعتمد على أنصاف النواقل semiconductors نشهدُ على سطوة تلك النظريّة.

«أيّ شخص لم تصدمه النظريّة الكموميّة، لا بدّ أنّه لم يفهمها» قال الفيزيائيّ العظيم نيلز بور ذات مرّة. آينشتاين نفسه، رغم أنّه أحد مؤسّسي تلك النظريّة، لم يستطع قط أن يتقبّل كليّاً الصورةَ التي ترسمها للكون. لو أنّه آمن بها، لربّما أصبح شخصيّة الألفيّة لا شخصيّة القرن فحسب، لكنّ هذا مجرّد تخمين لا طائل منه!

خلال أسابيع قليلة في بدايات 1905، قلب آينشتاين رؤيتنا للعالَم بضربة واحدة من خياله، وهو إنجاز لم يبهت تأثيره قطّ. «نيوتن! سامحني!» كتب بعد سنوات عديدة، في اعتراف منه بأنّه نهل بدوره من إنجازات العظماء، «لقد أوجدتَ الطريقة الوحيدة المتاحة آنذاك في عصرك، بالنسبة لرجل مثلك يتحلّى بأعلى درجة من المنطق والقدرات الإبداعيّة».

في بيرن، يتجوّل الزوّار في الشقّة المتواضعة التي عاش فيها آينشتاين خلال ذروة قدراته الإبداعيّة، ويزورون الغرفتين حيث تناول وجبات بسيطة مع زوجته، وهدهد ابنه الرضيع كي ينام، وعزف على الكمان، وتخيّل كوناً جديداً. كان أصدقاؤه يزورونه بعد العشاء، ويتناقشون مطوّلاً. تحدّثوا عن الميكانيك والكهرباء، عن الساعات والأطر المرجعيّة، عن الفيزياء والفلسفة... من خلال امتزاج دوّامة تلك النقاشات التي غذّتها السجائر والقهوة التركيّة، بدأت بذور النسبيّة الخاصّة تتولّد في عقل آينشتاين. القليل من زوّار بيته اليوم هم علماء فيزياء محترفون، معظمهم يتحدّرون من مختلف مشارب الحياة، يجذبهم سحر آينشتاين العالميّ لا كعبقريّ من عالَم آخر فحسب، بل كذلك كإنسان تحلّى بتراحم لا حدّ له، وكأنّه قديس علمانيّ للعصر العلميّ.

يرسم الأطفال أحياناً اسكتشات في دفتر الزوّار في المتحف. روث إيغلر، الدليلة، حدّثتني عن صبيّ في التاسعة كتب ملاحظة بدأها بـ «عزيزي ألبرت»، وأخبره فيها عن رغبته بأن يصبح «عالِماً مثلك». البالغون يندهشون أيضاً، تقول، ويتوسّل بعضهم السماح لهم بالبقاء بعد وقت الإقفال فقط كي يتنفّسوا الهواء الذي تنفّسه آينشتاين يوماً. «لا يمكنك أن تفسّر ذلك» تقول إيغلر، «إنّه شيء يجب أن تشعر به».

* * *

العودةُ إلى المستقبل

- «أعـرف» قال بعد صمت قصير، «يبدو كلّ شيء غير معقول بالنسبة لكم. بالنسبة لي، أكاد لا أصـدّق أنّني هنـا الليلة، في هذه الغرفة القديمة المألوفة، أتطلّع إلى وجوهكم وأروي لكم مغامراتي العجيبة».

• إتش. جي. ويلز «آلةُ الزمن»

أثناء طفولته، تمحوَرت حياةُ الفيزيائيّ رونالد ماليت حول والده بويد الذي كان شخصيّة استثنائيّة، عمل بجدّ، ولعب بلا كلل، وأحبّ عائلته الصغيرة. خدم بويد ماليت كمسعف ميدانيّ في الجيش الأمريكيّ خلال الحرب العالميّة الثانية، وكانت وحدته من أوائل الوحدات التي عبرت نهر الراين عام 1945. بعد الحرب، عمل نهاراً موظّفاً بدوام كامل في شركة إلكترونيّات، أمّا في الليل وخلال عطلات نهاية الأسبوع، فعمل بإصلاح التلفزيونات.

في الثالثة والثلاثين من عمره، مات بويد بنوبة قلبيّة، فحطّمت هذه المأساة رونالد الصغير الذي لم يتخطّ العاشرة آنذاك، وسبّبت له الاكتئاب. لم ترتفع معنويّاته إلّا عندما اكتشف رواية إتش. جي. ويلز الكلاسيكيّة «آلة الزمن» The Time Machine، ونظريّاتِ ألبرت آينشتاين بعدها ببضع سنوات. قراءاته جعلته مقتنعاً أنّه قد يرى والده مرّة أخرى، لذلك صمّم على دراسة العلوم. طيلة سنوات عديدة، حلم ماليت -وهو بروفيسور في

الفيزياء في جامعة كونيتيكت الآن- ببناء آلة زمن، لكنّ خوفه من استهزاء الآخرين به جعله يخفي حلمه. «أردتُ الحصول على وظيفة» قال ضاحكاً، ووجد لحسن حظّه حقلاً دراسياً يساعده على فهم طبيعة الزمن، ويكون في الوقت ذاته «شرعيّاً»، أي يسمح له بمتابعة بحثه عن آلة الزمن دون أن يثير استنكار أحد: دراسةُ نظريّةِ الثقوب السوداء. «كما تعرف، نميّز في الفيزياء بين ما يسمّيه الناس أفكاراً جنونيّة مشروعة، وأفكار جنونيّة خالصة» قال لي ماليت عندما التقيته في مكتبه في جامعة كونيتيكت، في مدينة ستورس الهادئة جنوب نيوإنغلاند، كونيتيكت. الثقوب السوداء هي بمكانة ما يعتبره الناس «جنوناً مشروعاً»، أمّا السفر عبر الزمن فهو «جنون محض»، وأضاف: «اكتشفتُ أنّه بإمكاني دراسة الزمن من خلال دراسة الثقوب السوداء».

بقي ماليت مختبئاً في «خزانة السفر عبر الزمن» كما يصفها حتّى أواخر 1990، عندما انتهت عزلته أخيراً بظهور مقال رئيسيّ عن عمله في مجلّة نيو سايتنست New Scientist المشهورة: «ومضة إلى الخلف: نقدّم لكم أوّل آلة زمن في العالَم!» كما هلّل غلاف المجلّة. اليوم، يورد ماليت «السفرَ عبر الزمن» بسعادة في موقعه الإلكترونيّ، كأحد أبرز اهتماماته البحثيّة.

خارج خزانة السفر عبر الزمن

كما رأينا في الفصل السابق، الثقوب السوداء تبطّئ مرورَ الزمن بسبب حقل جاذبيّتها الهائلة (وهو تأثير تنبّأت به نظريّة النسبيّة العامّة)، لكنّ ماليت أدرك أنّ الضوء بدوره يمكن أن يؤثّر على الزمن، لأنّ الضوء عبارة عن طاقة، وآينشتاين أوضح لنا أنّ الكتلة والطاقة متكافئتان. لذلك، لا بدّ أنّ الضوء قادر بدوره على إحداث انحناء في الزمان والمكان.

تقوم فكرة ماليت على استخدام مجموعة من أجهزة الليزر، لتوليد حزمة دوّارة من الضوء القويّ. إن وضعنا أربع مجموعات من أشعّة الليزر المتوازية معاً، سيأخذ الفضاء المحصور بينها شكل المربّع، وفي داخل هذا المربّع يلتوي الفضاء الخالي بطريقة تشبه دوران الحليب في فنجان قهوة، عندما نحرّكه بالملعقة. يقول ماليت إنّ بإمكاننا تضخيم هذا الفعل من خلال إجبار ضوء

الليزر على اتّخاذ مسار لولبيّ، بواسطة ما تُدعى «بلّورة الفوتونات المُوَجِّهة للأشعة» (البلّورات الفوتونيّة هي بلّورات تسمح خصائصها البصريّة للضوء بالنفاذ عبرها، من خلال مسارات محدَّدة). إن كانت أشعّة الليزر قويّة لدرجة كافية، قد يصبح انحناء الزمان والمكان الملاصق لها شديداً، لدرجة خلق حَلَقَة loop في الزمن كما يقول ماليت. بمصطلحات الفيزياء، تُدعى هذه المنظومة بـ «المنحنى المغلَق الشبيه بالزمن»[1]، وهي الظاهرة الأساسيّة في صميم السفر عبر الزمن[2]. الجسيم الذي يسافر عبر حلقة كهذه قادرٌ نظريّاً على السفر إلى ماضيه، تماماً مثلما ستعود إلى النقطة التي انطلقتَ منها، عندما تدور مشياً حول الحيّ الذي تسكنه. تحمّس ماليت أكثر فأكثر وهو يشرح لي، وكاد في لحظة ما أن يوقِع مرجعاً ثقيلاً (يليق به عنوانه: الجاذبيّة!) على الأرض.

رغم أنّ ما يطرحه ماليت يبدو جنونيّاً، لكنّه شرح الأجزاء الأساسيّة من نظريّته تلك في مجلّات الفيزياء المُحَكَّمة من قبل الأقران – peer reviewed، فقابلها مجتمع الفيزياء عموماً بالصمت. رئيس قسم ماليت في جامعة كونيتيكت، ويليام ستوالي، أبدى اهتمامه بالتحدّيات التقنيّة التي تعترض تجربة ماليت، لكنّه أشار إلى أنّ بناء آلة زمن مهما كان نوعها، ما يزال «احتمالاً بعيداً»، كما انتقد عالِما فيزياء آخران من جامعة تافتس نظريّة ماليت، وناقشا أنّ أيّ «منحنى مغلق شبيه بالزمن» يخلقه جهاز ما، سيتشكّل في مواقع تبعد مسافات «أكبر بمقدار هائل من قطر الكون المرئيّ[3]». رغم

1- يسمّيها ماليت «الخطّ المغلق الشبيه بالزمن» لكنّ «المنحنى» هو التعبير الشائع. فالك

2- في الحلقة المغلقة الشبيهة بالزمن، يأخذ الجسم مساراً غريباً ضمن الزمان-المكانيّ، بحيث يعود في النهاية إلى النقطة ذاتها (الإحداثيّات ذاتها في الزمان والمكان) التي انطلق منها، وكأنّه يدور في حلقة، وهي نتيجة رياضيّة للمعادلات الفيزيائيّة التي تسمح بالسفر عبر الزمن. المترجمة

3- الكون المرئيّ أو المرصود Observable universe هو جزء كرويّ من الكون بكلّ ما يحتويه من مجرّات وكواكب ومادّة... إلخ، والذي يمكن رصده من الأرض أو من التلسكوبات والمسابر الفضائيّة في الوقت الراهن، نظراً لأنّ الضوء المنبعث من تلك الأجسام تسنّى له الوقت الكافي للوصول إلى الأرض منذ أن تشكّل الكون. يبلغ نصف قطره حوالي 47 مليار سنة ضوئيّة، ولا يمكن رصد ما يوجد أبعد من هذا الحدّ نظراً لأنّ الضوء الصادر عنه لم يصل إلينا بعد. المترجمة

ذلك، ماليت متفائل لأنّ زملاءه لم يشكّكوا في الفيزياء أو الرياضيّات التي تستند إليها أطروحته، وإنّما في تطبيق المعادلات عمليّاً بهدف خلق «حلَقَة زمنيّة» Time loop. سرعان ما تعاون مع زميل له متخصّص في الفيزياء التطبيقيّة، بهدف تحديد ما يتطلّبه بناء جهاز ليزر فعّال قادر على توليد تلك الحلَقة الزمنيّة، وهما ما يزالان في طور البحث عن تمويل. يعتقد ماليت أنّه يحتاج تجهيزات تقارب كلفتها 250 ألف دولار لاختبار فكرته بشكل حاسم، ويتوقّع أن يحصل على النتائج خلال عقد من الزمن، وأنّ الإنسان سيصبح قادراً على السفر عبر الزمن قبل نهاية القرن!

إشاراتُ سياتل

ماليت ليس وحيداً في مسعاه، في الجهة المقابلة من الولايات المتّحدة الأمريكيّة يعمل الفيزيائيّ جون كرايمر في جامعة واشنطن على مشروعه السرّيّ الخاصّ، وهو مصيدة مرتبطة بالزمن، تتألّف من تشكيلة متواضعة من أجهزة الليزر، والمرايا، ومُجَزِّئات الحزم الضوئيّة، ومن -وهو الأهمّ- أزواج من «الفوتونات المتشابكة» entangled. يعتمد ماليت على النظريّة النسبيّة في بحثه، أمّا كرايمر فيستند إلى ركيزة أخرى من ركائز الفيزياء الحديثة هي النظريّة الكموميّة، وبالتحديد على فكرة غريبة هي «التشابك الكموميّ» (تُعرَف أيضاً بـ «عدم التموضع الكموميّ» Quantum non-locality). طُرِحت هذه الفكرة في بدايات القرن العشرين، وتنصّ على أنّ مراقبة جسيم من الزوج المتشابك -قياس خاصيّة «السبين[1]» spin أو استقطاب الجسيم مثلًا- ستكشف لنا أوتوماتيكيّاً عن معلوماتٍ تتعلّق بالجسيم الآخر الذي يتشابك معه، حتّى ولو كانا مفصولَين بمسافة هائلة! فكرة التشابك الكموميّ تبدو غريبة للغاية، وأثارت امتعاضَ آينشتاين الذي غضّ النظر عنها باعتبارها «شعوذة تتمّ عن بعد»، لكنّ العديد من التجارب التي أُجريَتْ مؤخّراً أكّدتْ صحّتها.

1- يُدعى أيضاً بخاصّة اللفّ أو الدوران الذاتيّ، وهي خاصيّة متأصلّة في الجسيمات الأوليّة (مثل الإلكترونات والفوتونات)، تنجم عن دوران الجسيم حول نفسه من تلقاء ذاته بزاوية معيّنة واتّجاه معيّن وسرعة معيّنة، ممّا يولّد حقلاً مغناطيسيّاً يجعل هذا الجسيم أشبه ببوصلة صغيرة. كلّ جسيم يأخذ رقم سبين خاصّاً به. المترجمة

قيّم الفيزيائيّون الشروحات المتعدّدة التي حاولتْ تفسير التشابك الكموميّ، كي يفهموا ماذا تقول هذه الفكرة عن الكون. بالنسبة لكرايمر، أبسط طريقة لفهم تلك الظاهرة -بما تطرحه من التواصل الآنيّ الواضح بين الجزيئات البعيدة- هي «السببيّة الراجعة» retrocausality. حاول البروفيسور كرايمر ونحن جالسان في مكتبه أن يشرح لي بلطف ماذا تعني السببيّة الراجعة، مستخدماً تعابير غير تخصّصيّة: بشكل عامّ، السببيّة الراجعة هي حالة غريبة من العلاقات يمكن أن يؤثّر المستقبل من خلالها على الحاضر، أو أن يؤثّر الحاضر على الماضي، أي أنّها تكافئ في عالَم ما تحت - الذرّات أن تصل إلى العمل قبل أن تغادر منزلك! صحيح أنّها تنافي الحسّ السليم كليّاً، لكنّ قوانين الفيزياء لا تمنع حدوثها.

الجزء الأصعب سيكون عرضَ السببيّة الراجعة في المختبر. تجربة كرايمر تتألّف بشكل أساسيّ من حزمة ضوئيّة تمرّ عبر بلّورة، فتنقسم إلى حزمتين من الفوتونات المتشابكة، من ثمّ تُمرَّر كلّ حزمة عبر شاشة فيها شقّان مزدوجان -تماماً مثل تلك التي استعملها روّاد النظريّة الكموميّة قبل قرن من الزمن، لإثبات أنّ الضوء يتصرّف كموجة وكجزيء في آن واحد- وبعد المرور عبر الشاشة، يتمّ تركيز الحزمتين الضوئيّتين على كواشف detectors. لا يمكننا أن نعرف مسبقاً، ما إذا كان الكاشف سيسجّل وصول أيّ من الحزمتين على أنّها أمواج، أم جسيمات. هناك أمرٌ آخر أساسيّ: كاشف الحزمة الثانية متحرّك، ويمكننا من خلال تعديل المسافة التي تفصله عن الشاشة أن نتحكّم بنتيجة الحزمة التي تصله، أي هل سيسجّل وصولها كموجة أم كجسيمات. بما أنّ الحزمتين «متشابكتان كموميّاً»، لذلك إن سجّل الكاشف الثاني وصولَ الفوتون على أنّه موجة، سنعرف أنّ «شريكه» المتشابك معه كموميّاً سيظهر عند الكاشف الثاني على أنّه موجةٌ أيضاً. فكرة كرايمر الجريئة تتلخّص بإجبار الحزمة الثانية على الانطلاق عبر كبل ضوئيّ ملتفٍّ طوله 10 كيلو مترات، ممّا يبطِئ سرعتها (أي أنّها تتأخّر) بمقدار بضعة أجزاء من الثانية، تُقدّر بالميكرو ثانية. بالتالي، قرارنا عند الكاشف الثاني: «أريد أن أرى موجة»، أو «أريد أن أرى جسيمات»، سيؤثّر على ما نراه عند الكاشف الأوّل، رغم أنّ الحزمة الضوئيّة ستكون قد اصطدمت به

للتوّ قبل جزء من الثانية! على الأقلّ، هذا ما تفترضه النظريّة، وإن نجحت التجربة، فهذا يعني أنّ الأحداث المستقبليّة يمكنها أن تؤثّر على أحداث الماضي خلال ذلك الفاصل الزمنيّ الوجيز! «من حيث المبدأ، إن استطعنا استعمال عدم التموضع الكموميّ لإرسال إشارات، يمكنني أن أرسل إشارة ما بمقدار 50 ميكرو ثانية إلى الخلف في الزمن» يقول كرايمر، «وأن أستلمها قبل 50 ميكرو ثانية من إرسالها». نظريّاً، يمكن أن يكون التأخير أطول بكثير، إذ يضيف كرايمر: «إن وجدتُ فاصلاً مقداره 50 ميكرو ثانية ما بين إرسال إشارة وما بين استقبالها، فلا سبب يمنعني من الحصول على مليون فاصل منها، وبالتالي نحصل على اختلاف مقداره خمسون ثانية!».

مثل ماليت، عانى كرايمر من إيجاد تمويل، لكنّ التبرعات انهالت عليه بسخاء بعد أن عرضت صحيفةٌ محليّة الصعوبات الماليّة التي واجهته (عنونتِ المقالَ بـ: «فيزيائيّ بحاجة إلى عشرين ألف دولار، لإجراء تجربة حول السفر عبر الزمن»). في المقال، تحسّر كرايمر على أنّه حتّى «وكالة مشاريع الأبحاث المتقدّمة في وزارة الدفاع» DARPA رفضت تمويل تجربته، رغم أنّها -كما يشير المقال- تدرس تمويل روبوتات سائلة تغيّر أشكالها (مثل بطل فيلم Terminator 2)، وكذلك حشرات سايبورغ (نصفها حشرة طبيعيّة ونصفها الآخر روبوت). سُعِدَ كرايمر بحصوله على التبرّعات، لكنّه كالكثير غيره من العلماء لا يحبّذ أن تتركّز عليه الأنظار فترة طويلة. «أنا غير مرتاح نوعاً ما للترويج لتجربة لم نقم بها بعدا» قال لي.

مجدّداً، كانت مجلّة نيو ساينتِست New Scientist بين أوائل من روّجوا لفكرته: بأسلوب المجلّة المعهود، صرّح كاتب المقال أنّه لو تأكّدت صحّة «السببيّة الراجعة» -وهي باعترافه «لو» ضخمة!- فإنّها ستقلب رأساً على عقب مفاهيمنا الراسخة عن طبيعة العلاقة بين السبب والنتيجة، وكيفيّةِ عمل الكون.

ردود أفعال علماء الفيزياء كانت باهتة. رغم أنّ التشابك الكموميّ مفهومٌ راسخٌ بقوّة اليوم، لكن من غير الواضح أبداً إن كان بمقدورنا استعمال زوج من الجسيمات المتشابكة كموميّاً، لإرسال إشارة مهما كان نوعها، وهو شرط لا غنى عنه لإجراء تجربة كرايمر المفترضة. بعبارة أخرى، التشابك الكموميّ يقودنا إلى «السببيّة الراجعة» بشكل جزئيّ، لا أكثر.

لعلّ الاختلاف الرئيسيّ بين كلّ من موقف ماليت وموقف كرايمر، هو أنّ هذا الأخير يتوقّع فشل تجربته. برأيه، الإشارات الراجعة غير ممكنة، لكن «لماذا هي غير ممكنة؟» هو تحديداً السؤال الذي ينبغي استقصاؤه. «هناك علاقة ما على الأرجح تمنعك من إرسال تلك الإشارة» يقول، «ما أودّ القيام به هو أن أستغلّ هذه التجربة لفهم ماهيّة تلك العلاقة... إن امتلكتَ وسائل إجراء التجربة فعليكَ إجراؤها، جرّب أن تطرق حدود اللّامعقول، واكتشف ماذا سيحصل».

من منّا لم يحلم بالهرب من سجن الزمن؟! يبدو أنّنا عالقون في مرور الزمن الذي يجري يوماً بعد يوم نحو الأمام، دون أن نقدر على إيقافه. تخيّلوا ماذا سيحصل لو امتلكنا حريّة التحرّك عبر الزمن، كما نتحرّك ضمن الفضاء: يمكننا أن نرى حبيباً لم يعد موجوداً معنا، يمكننا أن ننطلق إلى المستقبل وأن نرى أحفادَ أحفادِ أحفادنا –وكذلك حركة سوق الأسهم خلال الشهر القادم، أو السنة القادمة– أو ربّما ننطلق في رحلة أعظم: يمكننا أن نشهد على صلب المسيح، أو معركة هاستينغز (كما تخيّل عدد هائل من الكتّاب)، أو ربّما نحاول تغيير التاريخ بأن نزور برلين في عام 1933، كي نتخلّص من هتلر قبل أن يطلق جيوشه لغزو العالَم.

لا عجب إذن أن يغرينا موضوع السفر عبر الزمن! إنّه الموضوع الأثير عند كتّاب الخيال العلميّ منذ ما ينوف على القرن، بدءاً من رواية ويلز الرائدة، إلى ثلاثيّة فيلم «العودة إلى المستقبل» Back to the future المبالَغ به، وسلسلة Dr. Who?، وفيلم The Terminator بأجزائه المختلفة، والحلقاتِ التي لا تحصى من مسلسل Star Treck بكلّ أجزائه.

الأدب الخياليّ يقود الطريق

لم يكن إتش. جي. ويلز أوّل كاتب يتناول موضوع السفر عبر الزمن، أو على الأقلّ، ليس أوّل من «يتلاعب بالزمن» ويأخذ القرّاء في رحلة عبر السنين، بواسطة أساليب السرد الذكيّة. في رواية تشارلز ديكنز «ترنيمة عيد الميلاد» 1843، يُساق إبنِزر سكروج إلى أعياد الميلاد في الماضي والحاضر

والمستقبل، لكن ضمن ما يشبه الرؤى، لا برحلات ماديّة. في رواية مارك توين «يانكيّ من كونيتيكت في بلاط الملك آرثر» 1889، يتلقّى البطل ضربة على رأسه، ثمّ يستيقظ ليجد نفسه في إنجلترا أثناء العصور الوسطى، دون أن تشرح لنا الرواية كيف يصل إلى هناك.

هناك قصّتان أقلّ شهرة كُتِبتا في تلك الحقبة، وتتعاملان مع موضوع السفر عبر الزمن بأسلوب مباشر أكثر: قصّة «الساعة التي ترجع إلى الخلف» التي كتبها إدوارد بايج ميتشل عام 1881، وقصّة «سيلڤي وبرونو» للويس كارول 1889. كلّ منهما عرضت أجهزةً زمنيّة لا تقوم بـ «تحديد الوقت» فحسب، بل تتيح لمن يستخدمها أن يتحكّم بالزمن، وأن ينتقل إلى الزمن الذي يعرضه الجهاز.

رواية «آلة الزمن» كانت مختلفة! للمرّة الأولى، يُطلَب من القارئ أن يتخيّل آلة صُنِعَتْ بهدف تمكين مستخدمها من التحكّم التامّ بالزمن، وهي فكرة لا يسعنا تجاهلُ أصالتها، إذ اعتبرتْها «موسوعةُ أدب الخيال العلميّ» إنجازاً رائداً في تقنيّات السرد، وفكرةً مميّزة أحدثتْ قطيعة تاريخيّة مع ما سبقها. مؤلّفها إتش. جي. ويلز اعتبر الزمن بمنزلة بُعد يمكن قطعه، تماماً كما نسافر عبر المكان، ونُشِرت الرواية عام 1895، أي قبل عشرة أعوام من قيام آينشتاين باكتشاف النظريّة النسبيّة الخاصّة. ويلز مشهور بمؤلّفاته الأدبيّة، لكنّه تلقّى دروساً في العلوم في الكليّة الملكيّة بلندن، كما تابع التطوّراتِ العلميّة بشغف. من الواضح أنّ رؤيته الروائيّة توقّعتْ بعضَ المفاهيم الأساسيّة التي ستشكّل قاعدة لنظريّة آينشتاين.

على إثر «آلة الزمن»، تدفّق طوفان من القصص عن السفر عبر الزمن، بدرجات متفاوتة من التعقيد وإمكانيّة حصولها. لعلّ الأشدّ تعقيداً بينها من حيث تشابك الزمن وخلق الاضطراب في نفس القارئ، هي قصّة قصيرة عنوانها «أنتم يا كلّ الزومبي» 1959 للكاتب روبرت هينلاين. في تلك الحكاية الملتوية، يجري مسافر عبر الزمن عمليّة جراحيّة لتغيير جنسه، وينتهي به الحال بأن يصبح هو ذاته كلّاً من أبيه وأمّه، ومع وصول القصّة إلى نهايتها نكتشف أنّ كلّ الشخصيّات الرئيسيّة هي في الواقع الشخص ذاته، لكن في مراحل مختلفة من حياته (أو حياتها).

في سياق كوميديّ، يخبرنا دوغلاس آدامز في الجزء الثاني من سلسلة «دليل المسافر إلى المجرّة»، أنّ العقبة الرئيسيّة أمام المسافر عبر الزمن هي ببساطة «مشكلة نحويّة»، وأنّ:

مرجعنا الرئيسيّ في هذه المسألة هو كتاب «دليل المسافر عبر الزمن إلى 1001 صيغة»، الذي ألّفه د. دان ستريتمِنتِشِنَر. وسيخبركم مثلاً، كيف تصفون شيئاً ما كان على وشك أن يحدث في ماضيكم، قبل أن تتجنّبوه بالقفز يومين إلى الأمام عبر الزمن، إذ إنّ الحدث سيوصف بطريقة مختلفة إن كنتم تتحدّثون عنه من منظور زمنكم الطبيعيّ، أو زمن المستقبل البعيد، أو زمن الماضي البعيد. فضلاً عن أنّ الوصف يزداد تعقيداً مع احتمال إجراء حوارات حين تسافرون حقّاً من زمن إلى آخر، بنيّة أن تصبحوا أباكم أو أمّكم. معظم القرّاء لا يتجاوزون صيغة «القصدِ الشرطيّ الماضي المسروقِ تحت المقلوبِ المُعدَّلِ نصفِ الشرطيّ المستقبليّ»، قبل أن يستسلموا. في الواقع، تُرِكت كلّ صفحات الكتاب بيضاء في الطبعات اللّاحقة بعد هذه النقطة، بهدف توفير نفقات الطباعة!

معظم حالات السفر عبر الزمن التي تخيّلها أولئك الكتّاب، هي نوع من الفانتازيا. هل هناك طريقة لتحقيقها في العالَم الواقعيّ؟! وإن استطعنا ذلك، كيف ستُحَلّ التناقضات العديدة التي سيصادفها المسافرون؟!

القفزُ إلى الأمام

قبل أن نمضي في كتابنا، لا بدّ لنا من التفريق بين السفر عبر الزمن نحو المستقبل، وبين السفر عبر الزمن نحو الماضي. بفضل تأثير «تمدّد الزمن» في النظريّة النسبيّة الخاصّة، السفر عبر الزمن نحو المستقبل بسيطٌ بساطةَ التحرّك بسرعة لفترة ما، ثمّ العودة إلى المنزل، وقد حصل حقّاً! كلّ روّاد الفضاء في مركبة أبوللو، وأولئك الذين قضوا فترة طويلة حول مدار كوكبنا، عادوا إلى الأرض وقد تقدّموا بالعمر أقلّ بقليل من زملائهم الذين لم يصعدوا إلى الفضاء (أقلّ بمقدار أجزاء من رتبة الميللي ثانية، لأنّ سرعتهم أشبه بالحلزون مقارنةً مع سرعة الضوء). حاملُ اللقب حاليّاً بالنسبة لهذا

النوع من السفر عبر الزمن، هو رائد الفضاء الروسيّ سيرغي كيركاليڤ، الذي قضى أكثر من 800 يوم وهو يدور حول الأرض على متن محطّة مير الفضائيّة، وفي المحطّة الفضائيّة الدوليّة. حتّى الآن، شاخ أقلّ من زملائه الذين ظلّوا على الأرض بمقدار $\frac{1}{50}$ ثانية.

الجزء الثاني من نظريّة آينشتاين، أي النسبيّة العامّة، قد يساعدنا أيضاً في جهودنا للسفر عبر الزمن نحو المستقبل. قضاءُ بعض الوقت بجوار حقل جاذبيّة قويّة – بالقرب من ثقب أسود مثلاً– سيسمح للمسافر الشجاع بأن يشيخ أقلّ من توأمه الذي بقي في المنزل، وكذلك بأن يسافر نحو المستقبل (من وجهة نظر المسافر طبعاً).

مع ذلك، أعتقد أنّ معظم الناس لن يعتبروا إنجاز كيركاليڤ بمنزلة سفرٍ حقيقيّ عبر الزمن، ربّما لأنّه ضئيل للغاية، والفارق العمريّ الناجم عنه غير ملحوظ عمليّاً، لكنّ مقدار ذلك الفارق الزمنيّ محدود فقط بالتكنولوجيا. من حيث المبدأ، يمكن لرائد الفضاء أن ينطلق في رحلة بعيدة، وأن يكتشف بمجرّد عودته للأرض أنّ قروناً عديدة انقضت. لنقل إنّكم ترغبون بالدوران حول مجرّة درب التبّانة، وهي رحلة تستغرق 150 ألف سنة ضوئيّة تقريباً، سنفترض أنّكم تتسارعون بمعدّل منخفض وتزيدون سرعتكم 10 متر/ثانية في كلّ ثانية، وهو ما يعادل 1g أي يعادل القوّة ذاتها التي تطبّقها عليكم الجاذبيّة يوميّاً هنا على الأرض. حافِظوا على معدّل التسارع ذاك لفترة كافية، وستجدون أنّكم ستحقّقون سرعة عالية جدّاً في نهاية المطاف. بعد 11.5 سنة، تكونون قد قطعتم نصف الرحلة أي أنّكم سافرتم 75 ألف سنة ضوئيّة، وستجدون أنّ سرعتكم تبلغ 99.99867 من سرعة الضوء. الآن، خفّفوا التسارع بالمعدّل ذاته، وستجدون أنفسكم في الأرض بعد أن تقطعوا 75 ألف سنة ضوئيّة أخرى: لقد أكملتم دورة واحدة حول المجرّة! ولكن، ساعتكم تختلف اختلافاً صارخاً عن ساعات الأرض: أنتم تعتقدون أنّ 23.16 سنة انقضت منذ انطلاقكم، أمّا على الأرض فقد مرّت 150002 سنة!

لا يختلف أحدٌ على ما سبق، فتأثير تَمَدُّدِ الزمن في النسبيّة الخاصّة هو عِلمٌ أُثبِتَتْ صحّته. بكلمات الفيزيائيّ برايان غرين: «لدينا كلّ الأسباب التي تدعونا إلى تصديق أنّ النسبيّة الخاصّة صحيحة، وأنّ استراتيجيّتها للوصول إلى

المستقبل ستعمل كما هو متوقَّع لها، ولا سبب يدعونا إلى تصديق العكس. التكنولوجيا، لا الفيزياء، هي ما يبقي النسبيّة الخاصّة سجينة هذه الحقبة».

هذا النوع من السفر عبر الزمن مخيّب للآمال لسبب مهمّ: رحلة العودة غير ممكنة! لا يستطيع رائد الفضاء أن يرى مستقبله، من ثمّ يعود إلى الزمن الذي انطلق منه حاملاً أخبار 2109 مثلاً إلى عام 2009 (إضافة إلى أخبار أسعار الأسهم، ونتائج مباريات السوبر بول، وأرقام بطاقات اليانصيب الرابحة طيلة مئة عام!)، لأنّ ذلك يتطلّب السفر عبر الزمن نحو الأمام ونحو الخلف (وهو إشكاليّ أكثر كما سنرى بعد لحظات). مع ذلك، الأمر يستحقّ المحاولة: عند وصول المسافر عبر الزمن إلى وجهته في المستقبل، سيستقبله الناس هناك -إن صدّقوا قصّته!- باعتباره مسافراً من الماضي، وسيستقطب اهتمام المؤرّخين، نظراً لمعرفته العميقة بالحياة في القرن الحادي والعشرين.

الانطلاق صوب الأمس

السفر عبر الزمن نحو الماضي معقّد أكثر، بسبب المفارقات Paradoxes الواضحة التي يطرحها، وأشهرها هي «مفارقة الجَدّ» التي يقوم فيها المسافر عبر الزمن بقتل جدّه، وبالتالي سيمنع حدوثَ ولادته هو شخصياً، وكذلك عودتَه بالزمن نحو الماضي! هناك تنويعات عديدة لهذه المفارقة سنتعرّف إليها بعد قليل، لكن من الجدير بالذكر أنّ قوانين الفيزياء المعروفة، ويا للغرابة، لا تمنع السفر عبر الزمن نحو الخلف! في الحقيقة، النسبيّة العامّة بما فيها من الزمن والفضاء المنحني، تبدو كأنّها فُصِّلَتْ خصّيصاً للسماح بحصول تلك الرحلات الغريبة على حدّ تعبير الفيزيائيّ لورنس كراوس: «معادلات النسبيّة العامّة التي وضعها آينشتاين لا تكتفي بأنّها لا تمنع مثل تلك الاحتمالات، بل تشجّعها أيضاً».

كما رأينا، أحد الملامح الأساسية لنظريّة النسبيّة العامّة، هو الصلة التي تخلقها بين المادّة وهندسة الزمان-المكانيّ، فالمادّة تقوم حرفيّاً بحني الفضاء والزمان حولها. إذاً، كيف نصل إلى درجة من الانحناء قويّة بما يكفي

لخلق حلقة مغلقة شبيهة بالزمن؟ لا شيء في مجموعتنا الشمسيّة قادر على ذلك، تلزمنا أجسام غير عاديّة في الفيزياء الفلكيّة، ممّا يأخذنا من جديد إلى الثقوب السوداء، وابن عمّها الأشدّ غرابة: النفق الدوديّ wormhole.

في البداية، ساد الاعتقاد بأنّ الجسم الذي يسقط في الثقب الأسود ينطلق في رحلة وحيدة الاتّجاه: بعد أن يتجاوز أفقَ الحدث event horizon، سيختفي هذا الجسم حرفيّاً من الكون الذي نعيش فيه، ومن ثمّ يُسحَق إلى عَدَمٍ في مركز الثقب الأسود. سرعان ما فكّر علماء الفيزياء باحتمالات أخرى: ماذا لو أنّ هناك «مخرَجاً» و«مدخَلاً» للثقب الأسود؟ وأطلقوا على هذا الثقب الأسود ذي النهايتين اسمَ «النفقِ الدوديّ». نظريّاً، يشكّل النفقِ الدوديّ «جسراً» بين نقاط متباعدة في الفضاء والزمن، ويقود المسافر إلى كون آخر، أو إلى جزء بعيد من الكون الذي نعيش فيه، وذلك حسب «أين» و«متى» تتوضّع نهايتا الثقب الدوديّ.

«الدودة تنقلب[1]»

تترافق الأنفاق الدوديّة مع مشاكل خاصّة. لا نعرف إن كانت هذه البنى الغريبة مكوّنة من المادّة العاديّة التي تشكّل النجوم والمجرّات، أم لا. أوّلاً، كمّية المادّة اللازمة لبناء نفق دوديّ هي كمّية هائلة، ألن تنهار هذه البنية بتأثر وزنها؟! في حقبة 1980، كيب ثورن –وهو عالم فيزياء من معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا– اقترحَ الحلّ: إن كان النفق الدوديّ مبنيّاً من مادّة غير عاديّة قادرة على توليد «طاقة سلبيّة»، عندها يستطيع النفق أن يولّد ضغطاً كافياً لإبقائه مفتوحاً. النظريّة الكموميّة تقترح وجود هذه المادّة الغريبة، لكنّنا لا نملك وسيلة للتأكّد من أنّ الأنفاق الدوديّة المكوّنة من الطاقة السلبيّة موجودة في الكون، أم لا (أحد الافتراضات يخمّن أنّها تشكّلت في زمن البغ بانغ، وأنّها الآن مبعثرة غالباً في أرجاء الكون... لكنّه تخمين لا غير!). رغم

1- The worm turns تعبير يُستخدَم في اللغة الإنجليزيّة لوصف وضع يتغيّر فجأة، بحيث ينقلب شخص ما كان ضعيفاً أو فاشلاً أو غير محظوظ... إلخ، إلى قويّ أو ناجح أو محظوظ... إلخ. المترجمة

ذلك، مجرّد فكرة أنّ تلك البنى قد تكون موجودة -أي عدم وجود قانون فيزيائيّ يمنعها- هو بحدّ ذاته اكتشاف مدهش! إن وُجِدَ نفق دوديّ مستقرٌّ يمكن عبوره، سيدخله رائد الفضاء في موقع ما ثمّ يخرج منه في مكان آخر، وربّما في زمن آخر أيضاً، سواء في الماضي أو المستقبل: ربّما يكون النفق الدوديّ آلة زمن! هناك عائق واحد، وهو أنّ المسافر لن يستطيع أن يعود في الزمن إلى لحظة أبعدَ من تلك التي تشكّل فيها النفق الدوديّ.

سرعان ما وجدت الأنفاق الدوديّة دوراً في أدب الخيال العلميّ. في ربيع عام 1985، قام كارل ساغان بمراجعة مخطوط روايته «اتّصال» Contact، وطلب نصيحة كيب ثورن، لأنّه كان بحاجة إلى طريقة تتيح لبطلة الرواية إيلي آرواي قطعَ أشواط واسعة في الفضاء والزمان. فكّر ساغان بأنّ الثقوب السوداء تفي بالغرض، لكنّ ثورن أدرك أنّ النفق الدوديّ أفضل. نُشِرَت رواية «اتّصال» لاحقاً في ذلك العام، واقتُبِس عنها فيلم مشهور من بطولة جودي فوستر عام 1997. من الطريف أنّ الإلهام كان مزدوجاً، كما يشير الكاتب ديفيد تومي: بعد أن قدّم النصح لساغان، باشر ثورن بدراسة خواصّ الأنفاق الدوديّة بالتفصيل، من ثمّ نشر مع اثنين من زملائه مقالاً عنوانه «الأنفاقُ الدوديّة، آلات الزمن، وشرطُ الطاقةِ الضعيفة» في مجلّة Physical Review Letters في أيلول 1988. يتألّف المقال من ثلاث صفحات لا غير، لكنّه كان واحداً من أوائل المقالات التي يكتبها عالِم فيزياء مرموق، وتأخذ السفر عبر الزمن على محمل الجِدّ. في تلك اللحظة كما يكتب تومي، «انتقلت آلات السفر عبر الزمن من حيّز أدب الخيال العلميّ، إلى مملكة العِلم».

الأنفاق الدوديّة هي طريقة السفر عبر الزمن التي تحظى بأوسع إجماع بين بقيّة الطرق، فقد تخيّل الفيزيائيّون بنى غريبة مختلفة، قادرة على حني الفضاء والزمان بالدرجة المطلوبة. في حقبة 1970، وجد الفيزيائيّ فرانك تيبلر أنّ الأسطوانات الطويلة الدوّارة (إن تحرّك سطحها بسرعة قريبة من سرعة الضوء) ستجرّ الزمان-المكانيّ المحيط بها بحركتها تلك، وتخلق حلقة مغلقة شبيهة بالزمن، بشرط أن يكون طول الأسطوانة لا نهائيّاً! في بداية حقبة 1990، تخيّل الفيزيائيّ جي. ريتشارد غوت سيناريو يتضمّن

«الأوتار الكونيّة»، وهي تشكيلات طويلة كثيفة من الطاقة الصافية، يُعتقَد أنّها تكوّنت خلال البغ بانغ. إنْ تقاطع وتران منها أثناء حركتهما بسرعة عالية، سيصبح رائد الفضاء الذي يسافر بالقرب منهما في تلك اللحظة، قادراً على العودة إلى الموقع الذي انطلق منه في بداية رحلته.

بالإضافة إلى هذا وذاك، هناك سيناريوهات عجيبة أخرى تستند إلى حلول معادلات نظريّة النسبيّة العامّة.

إن أصبح السفر عبر الزمن نحو الخلف ممكناً بطريقة ما أو بأخرى، ربّما بواسطة الأنفاق الدوديّة التي وصفها كيب ثورن وزملاؤه، ستعترضنا على الفور مفارقات تترافق معه وتثير قضايا فلسفيّة مقلقة، لذلك فهي تستحقّ جولة قصيرة عليها قبل أن نتابع.

فاصلٌ فلسفيّ: الجزء الثاني

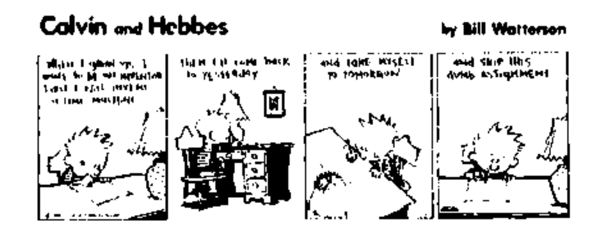
قد يكون التساؤل عن «حقيقة» الماضي والمستقبل، نقطة انطلاق مناسبة لنقاشنا. فكرة السفر عبر الزمن بحدّ ذاتها تفترض أن هناك «وجهة»، أي أنّ هناك ماضياً ومستقبلاً، وهما حقيقيّان تماماً مثل الحاضر.

لا يحظى هذا الرأي بتأييد الجميع. يمكننا أن نعترض استناداً إلى أنّ الماضي «انتهى»، نحن لا نستطيع زيارة روما في العصور القديمة لسبب واحد، وهو أنّ روما العصورِ القديمة لم تعد موجودة، لذلك قد لا نستطيع رؤية أحداث المستقبل للسبب نفسه. المنطق الكامن خلف هذا النقاش، سيؤدّي إلى إلغاء كلّ سيناريوهات السفر عبر الزمن في أدب الخيال العلميّ، فكيف يمكن للروبوت Terminator، وللعميل المصمّم على إيقاف خطّته الشرّيرة، أن يصلا إلى المستقبل الذي لم يحدث بعد؟ السفر عبر الزمن إلى الماضي أو إلى المستقبل على حدّ سواء، سيصبح غير قابل للتحقيق، لعدم وجود مكان –ولا زمان– نذهب إليه. هذا الموقف الفلسفيّ، أي إنكار حقيقة الماضي والمستقبل، يُدعى بالحاضريّة Presentism (تعرّفنا إليها بإيجاز في الفصل السادس)، ويُقدَّم أحياناً كأساس للاعتراض على إمكانيّة السفر عبر الزمن، بسبب «عدم وجود وجهة». يجدر بالذكر أنّ «الحاضريّة» كثيراً ما

تُناقَش بوصفها وجهة النظر السائدة سابقاً في العالَم، ممّا يفسّر سبب عدم ظهور قصص عن السفر عبر الزمن قبل منتصف القرن التاسع عشر.

اعتراضٌ آخر هو مشكلة «الإشغال المزدوج»: كيف لي أن أسافر إلى الماضي، أو إلى المستقبل، بمقدار ثانية واحدة، دون أن أصطدم مع «نسختي» الموجودة هناك أصلاً؟! كتب الفلاسفة مقالات مطوّلة عن هذه الأمور، بعضها ممتعٌ للغاية. انطباعي الشخصيّ هو أنّ الكثير ممّا كتبوه ينبع (ربّما بشكل غير واعٍ) من منظور نيوتن للكون: الزمان والمكان مستقلّان تماماً، وهناك ما يشبه «ساعة رئيسيّة» تنظّم الكون. كما رأينا في الفصل السابع، هذا الرأي غير صحيح: النسبيّة الخاصّة تجبرنا على التفكير بالزمان والمكان على أنّهما متداخلان، وأنّ «الماضي» و«المستقبل» راسخان تماماً مثل «الحاضر»، رغم أنّ «الآن» تُختَزَل إلى صفة شخصيّة.

السيّد كيركاليڤ، رائد الفضاء الروسيّ، قهر كلّ تلك العوائق: افتراض أنّ المستقبل «غير حقيقيّ» لم يمنعه من السفر $\frac{1}{50}$ ثانية نحو ذلك المستقبل، ولم يصطدم «بنسخة» عنه موجودة هناك!



بالترتيب من اليسار إلى اليمين:

- عندما أكبر، سأصبح مخترعاً. أوّل اختراعاتي سيكون آلة زمن.

- سأعود إلى يوم أمس

- من ثمّ أذهب إلى يوم غد

- وأتخطّى هذا الواجب الغبيّ!

ما الذي نقصده تحديداً عندما نقول: السفر عبر الزمن نحو الخلف؟! عموماً، نحن لا نقصد أنّنا «نعيش» هناك، أو أنّنا «نختبر» الأحداث

بالمقلوب (رغم أنّ بعض المؤلّفين فكّروا بهذه النقطة وبتفاصيلها الدقيقة، مثل مارتن آميس في رواية «سهم الزمن»). حتّى ولو أردنا أن نبدو أصغر عمراً، لن يرغب معظمنا بالتخلّي عن ذكرياتنا وتجاربنا وخبرتنا في سياق ذلك. ما نتخيّله عادة عند الحديث عن آلة الزمن أشدّ تعقيداً: نتخيّل آلة تجعلنا نشعر أنّ الزمنَ «هناك في الخارج» يتحرّك إلى الأمام أو إلى الخلف بسرعة نتحكّم بها نحن، أمّا الزمن «المحليّ» داخل الآلة، فيجري وفق معدّله المألوف (الفيلسوف ديڤيد لويس الذي أحيا الاهتمام بهذه المسائل مجدّداً، بعد بحثه المعنوَن بـ«مفارقات السفر عبر الزمن» عام 1976، يستعمل مصطلحي «الزمن الخارجيّ» و«الزمن الداخليّ» للتمييز بينهما)، وهذا التصوّر عن السفر عبر الزمن هو الذي وظّفه ويلز في روايته: عندما يحرّك المسافر عتلة في الآلة كي ينطلق نحو المستقبل، تبدو الخادمة كأنّها «تطير عبر الغرفة مثل الصاروخ»، أمّا الزمن داخل الآلة فيمضي بشكل طبيعيّ تماماً. لم يتعرض المسافر لشيخوخة متسارعة، ولو كان يرتدي ساعة معصم، لعملتْ بالطريقة المعتادة تماماً. العدّادات أمامه كانت قادرة على تحديد «الوقت هناك» خارج الآلة بدقّة، وأنبأت المسافر بأنّه وصل بنجاح إلى عام 802701م. هواة سلاسل ستار تريك الأصليّة، سيتذكّرون افتراقاً مزدوجاً مماثلاً في إحدى الحلقات وعنوانها «الزمن المجرّد»: تنطلق سفينة إنتربرايز نحو الماضي، بينما يشعر أفراد الطاقم كأنّهم ينطلقون نحو «المستقبل»، لكنّ كرونومتر السفينة يسجّل الزمنَ «الحقيقيّ» بطريقة ما أو بأخرى، ونرى على قرصه أنّ السنة والتاريخ يدوران نحو الخلف.

هناك سؤال شائك آخر: هل يتحرّك المرء ضمن الفضاء عندما يسافر عبر الزمن؟ بالنسبة لسفينة الإنتربرايز التي تروح وتجيء على هواها، هذه ليست مشكلة. أمّا آلة الزمن في رواية ويلز، فقد بقيت مرتبطة بالأرض، لأنّ ويلز أرادها على ما يبدو أن «تنطلق بمحاذاة الكوكب». الأرض تدور في مدارها الخاصّ حول الشمس بسرعة 30 كم/ ثانية، ومع ذلك لا ينفصل المسافر عبر الزمن في الرواية عن الأرض أبداً كي يظهر في الفضاء الخارجيّ.

على الأقلّ، كلّ هذه المسائل تجبرنا على أن نتمعّن بما نقصده بالضبط عندما نقول «السفر عبر الزمن»، وماذا نريد من آلة الزمن أن تفعل.

احترسْ يا جدّي!

دعونا ننتقل إلى المفارقات الشهيرة. أكثر سيناريو شيعاً هو ذاك الذي يعود فيه مسافر عبر الزمن إلى عام 1930 مثلاً، مصمّماً على قتل جدّه قبل أن تتسنى له فرصة اللقاء بزوجة المستقبل، أي بجدّة المسافر (أو نتخيّل السيناريو البديل التالي إن أعجبكم أكثر: المسافر سائق فاشل، ويدهس جدّه عن طريق الخطأ!). ما الذي سيمنع وقوع مثل هذا الحدث الذي يبدو مستحيلاً؟

اقتُرِحَتْ أربعة حلول رئيسيّة: الحلّ الأوّل هو أنّ قوانين الطبيعة تتآمر معاً بشكل ما أو بآخر، لمنعكَ من تنفيذ مهمّتك الشائنة. الحلّ الثاني هو أنّك تستطيع أن تفعل ما تشاء، لكن بما أنّك «فعلته من قبل» نوعاً ما، ستكون النتيجة هي ما سبق أن حفظه التاريخ، أي أنّ جدّك سيعيش ويهرم ولن تستطيع تغيير ذلك (الحلّان الأوّل والثاني كما سنناقش لاحقاً، هما في الحقيقة حلّ واحد ننظر إليه من زوايا مختلفة). الاحتمال الثالث هو «الأكوان المتوازية»، حيث تستطيع أن تعود إلى الماضي وأن تقتل جدّك، لكنّ أفعالكَ لا تغيّر «التاريخ» بمعنى تاريخ العالم كما تعرفه أنت، وإنّما تاريخٌ آخر في عالَم موازٍ. أخيراً، الاحتمال الرابع هو أنّ هذه المفارقات المعقّدة، هي دليل على استحالة السفر عبر الزمن نحو الماضي.

سنبدأ بفكرة مؤامرة الطبيعة. سنفترض أنّك سافرت عبر الزمن نحو الماضي، وها أنت ذا تخرج من آلة الزمن الموثوقة، دون أن تشكو إلّا من صداع بسيط. ستجد صحيفة تؤكّد لكَ أنّ العام هو 1930م، من ثمّ تتعقّب جدَّك إلى المنزل الذي تعرف أنّه كان يسكنه آنذاك. تشهر مسدّسك، وها هو الجدّ في مرمى سلاحك بالضبط، يستحيل أن تخطئه! تضغط الزناد، و... ماذا؟! هنا يصبح السيناريو مشوّقاً! أولئك الذين يقولون إنّ قوانين الفيزياء ستمنعك من قتل جدّك، لا يقترحون تدخّلاً من «ما- وراء- الطبيعة»، بل يقترحون أنّ حدثاً ما عادياً بالأحرى، أو سلسلة من «الأحداث العاديّة»،

ستمنعك من تنفيذ مهمّتك. مثلاً، رغم الساعات الطويلة التي أمضيتَها بالتمرّن على التصويب، ستخطئ جدّك. ربّما تغيّر رأيك، وتقرّر في اللحظة الأخيرة التخلّي عن مهمّتك. ربّما تنزلق على قشرة موزة، وأنت في طريقك إلى بيت جدّك. بطريقة ما أو بأخرى، ستمنعكَ سلسلة تلك الأحداث من تنفيذ مهمّتك.

للوهلة الأولى، يبدو هذا الحلّ متناقضاً مع فكرة الإرادة الحرّة (في الواقع، العديد من الفلاسفة -وقلّة من الفيزيائيّين- يُسعَدون بإعلانهم عن أنّ الإرادة الحرّة هي وهم، لكن دعونا نفترض أنّها حقيقيّة في الوقت الراهن). إن كنتَ مصمّماً على قتل جدّك، لماذا ستنزلق «بالصدفة» على قشور الموز، أو لماذا ستعترضك العقباتُ السابقة؟! هل هناك نوع من القانون «العالميّ» يتدخّل بما نقوم به «محليّاً»؟! إن كان هذا صحيحاً، فهو خرقٌ لما يدعوه الفيلسوف في جامعة أوكسفورد مايكل لوكوود بـ «مبدأ الاستقلال الذاتيّ»، الذي ينصّ على أنّه «بإمكاننا القيام بأيّ شيء نريده محليّاً، دون أن تكون له صلة بما يقوم به بقيّة الكون». بمعنى آخر، الكون لا يتدخّل (أو لا يجب أن يتدخّل) بما نقوم به الآن هنا، طالما أنّك لا تقوم بخرق أيّ قانون من قوانين الفيزياء محليّاً. ربّما «يتطلّب» الكون أن تفشل بقتل جدّك، لكن لماذا يجب أن يكون للكون بمفهومه الأوسع، صلةٌ مهما كانت بقدرتك على تصويب السلاح على الرجل المسكين، وضغطِ الزناد «هنا والآن»؟! في المقام الأوّل، الكون الذي لا توجد فيه حلقاتٌ مغلقة شبيهة بالزمن، لن تتدخّل قوانينه أبداً باستقلالك الذاتيّ محليّاً، لكن أدخِل تلك الحلقات الزمنيّة إلى الصورة كما يجادل لوكوود، وستجد أنّها تفرض فجأة قيوداً صارمة على ما يمكنك فعله. عندما تفشل محاولة واحدة من محاولاتك لقتل جدّك، ستجد تفسيراً محليّاً كقشرة موز أو ما شابه، لكنّ السبب خلف «سلسلة من المحاولات الفاشلة» يكمن في البُنية العالميّة للزمان-المكانيّ المتنوّع الذي نعيش فيه.

اعتراضنا هنا هو أنّ السلسلة اللّانهائيّة من «الحوادث» ستبدو غريبة وبحاجة إلى تفسير، تماماً مثل المفارقة التي تسعى لحلّها، وهو اعتراض حاول الفلاسفة أن يدرسوه بشكل وافٍ أيضاً.

ما حدث قد حدث!

أعتقد أنّ معظم الفلاسفة وعلماء الفيزياء يقبلون بهذا الافتراض، وهو أنّه لا يمكننا تغيير التاريخ. يقول الفيزيائيّ برايان غرين: «إن سافرتَ عبر الزمن نحو الماضي، لن تستطيع تغييره، تماماً مثلما لا نستطيع تغيير قيمة π[1]».

بلا شكّ، الزمان والمكان في النسبيّة الخاصّة «موجودان»، وما حدث قد حدث. تلقائيّاً، هذا يقلّل من تنوّع الأفعال التي يمكنك القيام بها ما إن تسافر إلى الماضي، ويقودنا إلى جدل «سبق أن قمتَ بذلك» المعروف في الأوساط الأكاديميّة بـ«مبدأ الاتّساق»، أو عدم التناقض Consistency principle الذي وصفه الفيلسوف جون فريدمان بتعابير تقنيّة، وينصّ على أنّ «الحلول الوحيدة لقوانين الفيزياء التي يمكن أن تظهر محليّاً في الكون الحقيقيّ، هي تلك المتّسقة التي لا تتناقض مع ذاتها عالميّاً». أي بتعابير غير فلسفيّة: إن سافرتَ عبر الزمن إلى الماضي، يمكنك فقط أن تقوم بأفعال تتماشى مع تاريخ الكون العامّ، أي ببساطة أشدّ: إن سافرتَ إلى الماضي، لن تكون قادراً على القيام إلّا بما قمتَ به حقّاً.

إذن، النقاش حول الحلّ الأوّل والحلّ الثاني قادنا إلى الخلاصة ذاتها: عندما يفشل المسافر عبر الزمن بقتل جدّه، هل يلوم سلسلةً لا نهائيّة من الصُدف المحيِّرة، أم قيودَ الفيزياء، أم مبدأ غيابِ الإرادة الحرّة الغريب؟! هذا منطقٌ يضع العربة أمام الحصان على حدّ قول نيكولاس سميث في مقاله ذي العنوان الساخر «هل الموز كافٍ للسفر عبر الزمن؟»، إذ يكتب: «إن كان المرء على وشك أن يسافر إلى زمنٍ ما في الماضي، إذن، سبق له أن كان موجوداً هناك! إن كان سينقذ حياة شخص أو يمنع ولادة آخر عندما يصل، فقد سبق له القيام بذلك!». يمكننا أن نصف سلسلة أحداث بأنّها «غير محتمَلَة» فقط إن صرّحنا مسبقاً عن احتمال حدوثها، أمّا أن نصف سلسلة من الأحداث سبق لها أن وقعت بأنّها «غير محتملة»، فهذا خطأ باستخدام المفردات. إن تذكّر الجدُّ غريباً مجنوناً حاول قتله عام 1930، هذا يعني

1- Pi أو باي، وهو ثابت رياضيّ يعادل نسبة محيط الدائرة إلى قطرها، ويساوي 3.14 تقريباً. المترجمة

ببساطة أنّ المسافر عبر الزمن هو -كان- ذلك المجنون! يجادل سميث بأنّه من الخطأ الاعتقاد بأنّ حدثاً معيّناً «حصل» في الماضي، من ثمّ «يحصل مجدّداً» عندما يختبره المسافر عبر الزمن، لقد حصل، نقطة انتهى. يشير سميث إلى هذا الخليط بـ«مغالطة المرّة - الثانية»: إن شهد مسافر عبر الزمن حدثاً تاريخياً ما، فليكن... لكنّ هذا لا يعني أن الحدث يتكرّر، بل أنّ المسافر كان هناك أثناء حدوثه».

تبدو تلك الفكرة بسيطة، لكنّها تهدّد بتدمير الإرادة الحرّة. فكّروا مثلاً بأفعال هنري، بطل رواية «زوجة مسافر عبر الزمن» التي نشرتها أودري نيفنِجر عام 2003: في لحظة ما، يزور هنري -وعمره 24 عاماً- نفسَه بعمر خمسة أعوام. يبذل هنري الكبير جهده كي ينفّذ بدقّة كلّ الأمور التي يتذكّر أنّه «رأى» نفسه يقوم بها قبل تسعة عشر عاماً، مع ذلك، يبدو لنا كأنّه يختار أفعاله بحريّة. باعتبار أنّ رحلته « سبق أن حصلت»، ألا يعني هذا ببساطة أنّه «مجبرٌ» على أن يكرّر بدقّة ما رأى نفسه يقوم به؟ أم لعلّه مجبَر حقّاً، وهو «يشعر» مجرّدَ شعور بأنّه حرّ الإرادة؟!

كراتُ البلياردو ومفارقة بوتستراب

سنتخيّل مفارقة أبسط: تخيّلوا طاولة بلياردو، وفوقها وُضِع بالصدفة نفق دوديّ. افترِضوا أنّ إحدى الكرات تتوّجه إلى فم النفق، تدخله، ثمّ تخرج من طرفه الآخر قبل لحظة فقط من دخولها إليه. يمكننا أن نتخيّل سيناريو تصطدم الكرة فيه مع نفسها، وربّما تبدّل مسارها نتيجة لذلك، ممّا يؤدّي إلى عدم دخولها في النفق الدوديّ على الإطلاق. لكن، إن لم تدخل الكرةُ النفقَ الدوديّ، لا يمكن لها أن تصطدم بنفسها، وبالتالي لن ينحرف مسارها، وستدخل النفق الدوديّ... وهكذا دواليك (أحد التناقضات هو كالتالي: طالما أنّ الكرة تصطدم بنفسها بخفّة، بحيث لا تكون الدفعة قويّة بما يكفي لمنع دخولها إلى النفق الدوديّ، فكلّ شيء على ما يرام. إنّها حالة غريبة

للغاية من «الحدث الذي يسبّب نفسه بنفسه»، تُدعى بمفارقة بوتستراب[1] Bootstrap paradox لكنّها لا تمثّل تناقضاً منطقياً.

ليس من الضروريّ أن تتضمّن مفارقات السفرِ عبر الزمن أشخاصاً أو موادّ صلبة، يمكن أن تكون متعلّقة بالمعلومات مثلاً. هناك نسخ عديدة من هذا الاختلاف الذي يُدعى «مفارقة المعرفة» Knowledge paradox، وكلّها تشبه المثال التالي: افترض أنّك تحلّ مشكلة في الفيزياء، أو الرياضيّات، أو حقل علميّ آخر. على سبيل الجدل، سنفترض أنّك هاوٍ للرياضيّات، وتثير فضولكَ «حدسيّة غولدباخ» Goldbach's conjecture، التي حيّرت علماء الرياضيّات لأكثر من 250 عاماً. تنصّ هذه الحدسيّة على أنّ كلّ عددٍ صحيح زوجيٍّ أكبر من 2، يمكن كتابته كمجموع عددين أوليّين (مثلاً: 4= 2+2، 6=3+3، 8= 3+5 وهكذا...). يعتقد علماء الرياضيّات أنّ هذه الحدسيّة تنطبق على كلّ الأرقام الصحيحة، لكنّهم لم يتمكّنوا من البرهان عليها بعد.

لنقل إنّه العام 2008، وإنّك تعتقد أنّ البشريّة ما زالت بحاجة إلى عدّة عقود لإثبات صحّة حدسيّة غولدباخ. لذلك، ستضبط إعدادات آلة الزمن الخاصّة بك كي تنتقل إلى العام 2040. عند وصولك، تذهب مباشرة إلى المكتبة (أو المكافئ الإلكترونيّ لها)، وهناك تغمرك السعادة عندما تجد الحلّ منشوراً في مجلّة، فتدرسه باهتمام بالغ. البرهان طويل، وتقنيٌّ بحتٌ، لكنّك تتمكّن من حفظه في النهاية، كما تتعرّف إلى صاحب الحلّ: إنّه الآن بروفيسور في جامعة قريبة، لكنّه كان طفلاً صغيراً يعيش في حيّك عام 2008. تلقي نظرة على تاريخ نشر الحلّ: 2038م، ممتاز! هذا يتيح للصبيّ ثلاثين عاماً بالتمام والكمال كي يصبح بروفيسوراً، ويتوصّل إلى الحلّ، وينشره. عندما تعود إلى عام 2008، تقوم بتشجيع الصبيّ الصغير الذي يشكّك بمقدراته في الرياضيّات، لكنّه يتخصّص فيها بناء على إلحاحك، ويصبح بروفيسوراً في نهاية المطاف. تمضي السنون، لكن لا يبدو أنّه يحرز تقدّماً على الإطلاق بالنسبة لحدسيّة غولدباخ، كما أنّه لم ينشر سوى بضعة أبحاث

1- هي حَلَقة سببيّة افتراضيّة في السفر عبر الزمن، بحيث يسبّب الحدثُ الأوّل حصولَ حدثٍ ثان، لكنّ الحدث الثاني هو في الحقيقة سببُ حصولِ الحدَث الأوّل، وهكذا دواليك. المترجمة

لا قيمة لها. أخيراً، قبل بضعة أيّام فقط من الموعد المُفترَض لوصول الحلّ إلى مكتب تحرير المجلّة، تدرك أنّه لن يكتشف الحلّ بنفسه! بما أنّك لم تنسَ البرهان، ستكتبه على أوراق منفصلة، وتضعها في مغلّف تدسّه تحت باب البروفيسور. تلقائياً، سيفرح البروفيسور بالعثور على هذا الكنز المجهول صاحبه، بفضله سينقذ مهنته ويرسّخ سمعته على مرّ الزمن، لذلك يطبعه ويرسله -بالضبط في موعده- إلى مجلّة الرياضيّات التي سبق لك أن قرأته فيها عام 2040. من أين أتى الحلّ؟! ليس من البروفيسور بالطبع، فكلّ ما قام به كان نسخ البرهان من الأوراق التي دسستها أنتّ تحت بابه. لكنّ الحلّ لم يأتِ منك أيضاً، أنتَ أخذته من مجلّة الرياضيّات! يبدو أنّ «المعرفة» جاءت حرفيّاً من اللّامكان. كما في مفارقة بوتستراب، هذا النوع من «الهدايا المجّانيّة» يبدو غريباً، لكنّه لا يشكّل تناقضاً منطقيّاً.

تغييرُ تاريخ مَن؟

سنلقي في هذه الفقرة نظرةً على الحلّ الثالث وهو «الأكوان المتوازية» parallel universes، الذي يسمح لنا بالالتفاف بنجاح على مفارقات عديدة. إن قتلتَ جدّكَ على سبيل المثال، فهذا يعني أنّ هناك «كوناً» ثانياً منفصلاً يقع فيه ذلك الحدث. بلا شكّ، هذه نظريّة «أنيقة»، لكن ما تربحه بواسطة إلغاء المفارقات، تخسره بحِمْلِها الميتافيزيقيّ.

هل هناك سبب يدعو للاعتقاد بأنّ الأكوان المتعدّدة موجودة فعلاً؟

في عالم الميكانيك الكموميّ الغريب، فكرة الأكوان المتعدّدة Multiple universes ليست جديدة. يمكن تتبّعها (بصيغتها الحاليّة) إلى فكرة العوالم الكثيرة many worlds كتفسير للميكانيك الكموميّ، التي صاغها الفيزيائيّ هيو إيفِرِت الثالث في حقبة 1950. ضمن إطار فكرة «العوالم الكثيرة»، في كلّ مرّة يكون هناك حدثٌ له أكثر من نتيجة واحدة محتَمَلة، ستظهر كلّ النتائج، على أن نشاهد كلّ نتيجة منها في كون مختلف. يعترض بعض النقّاد بأن فكرة الأكوان المتعدّدة بحدّ ذاتها، تتناقض مع مبدأ «شفرة أوكام» Occam's Razor (المبدأ القائل بأنّنا يجب أن نشرح فكرة ما بأبسط ما يمكن)، لماذا

يجب أن نتخيّل وجود عدد لا نهائيّ من الأكوان، في حين أنّ كوناً واحداً منها يفي بالغرض؟! الإجابة -على الأقلّ تلك التي يقدّمها مؤيّدو الأكوان المتعدّدة- هي أنّ كوناً لا يكفي.

تفسير «العوالم الكثيرة» الذي تقدّمه النظريّة الكموميّة ما يزال مثيراً للجدل، لكنّه يحظى بتأييد جمع غفير من علماء الفيزياء، أبرزهم هو ديفيد دويتش من جامعة أوكسفورد. في كتابه «نسيج الواقع» 1997، يقول دويتش إنّ النظريّة الكموميّة -الجزء المتعلّق بفكرة العوالم الكثيرة بشكل خاصّ- حلّت مفارقاتِ السفر عبر الزمن. «النظريّة الكموميّة حول الأكوان المتعدّدة ليست المشكلة، بل الحلّ» يكتب، «إنّها شرحٌ -وهو الشرح الوحيد الذي يمكن الدفاع عنه- لواقع مميّز يناقض الحسّ السليم». عندما تناقشتُ معه في منزله في أوكسفورد، لخّص لي المسألة بطريقة أوضح: «عندما تأخذ النظريّة الكموميّة بحسبانك، يصبح السفر عبر الزمن متّسقاً بشكل مثاليّ، وعندما تعود بالزمن نحو الخلف فإنّك ستعود إلى الماضي في كونٍ مختلف».

إن سافرتَ إلى الماضي والتقيتَ جدّك، فأنت تلتقيه في كون مختلف (يمكننا أن نصفه بالموازي)، وفيه يقابل الجدُّ المسافرَ الغريبَ القادم من المستقبل. إن قتلتَه، هذا يعني أنّه لن يصبح له أحفادٌ في «ذلك» الكون فقط، أمّا في الكون الذي جئتَ منه، جدّك سيعيش ويُعمَّر، وهذا التاريخ سيكون في مأمن. «مفارقة المعرفة» ستُحَلُّ بطريقة مماثلة: في أحد الأكوان، يتوصّل البروفيسور إلى البرهان بنفسه، وفي كون ثانٍ يتمّ نسخ البرهان من بحث منشور في الكون الأوّل، وبالتالي لن يأتي البرهان من «اللّامكان» في أيّ من الحالتين.

رونالد ماليت -الباحث من كونيتيكت الذي حاول أن يبرهن على إمكانيّة السفر عبر الزمن، من خلال حزمة ضوئيّة- يشاطر دويتش إيمانه بحقيقة العوالم الكثيرة. «لن يتأثّر الكون الذي نعيش فيه بما قمتَ به في الماضي» يقول بثقة، وقد فهم الآن بلا ريب أنّه لو تمكّن من إنقاذ والده من الموت في ريعان شبابه بطريقة ما أو بأخرى، فهذا لن يغيّرَ «الكونَ الذي يعيش فيه»، لأنّه سيقوم بإنقاذه في كون جديد موازٍ لا غير.

هل تمنعه الفيزياء؟

أخيراً، وصلنا إلى الحلّ الرابع: قوانين الفيزياء تمنع السفرَ عبر الزمن إلى الماضي. المؤيّد الأشهر لهذا الاحتمال هو ستيفن هوكنج، عالِمُ الفيزياء في جامعة كامبريدج، الذي توصّل إلى قانون عالميّ يُدعى «حدسيّة الحفاظ على التسلسل الزمنيّ»، ينصّ على أنّ قوانين الفيزياء تتآمر لمنع الأجسام الكبيرة macroscopic من السفر عبر الزمن. يعترف هوكنج بأنّه في الحقيقة لا يملك فكرة عن الآليّة التي تمنع هذا السفر، لكنّها «تحفظ العالَم بالنسبة للمؤرّخين» بغضّ النظر عن طبيعتها، وذلك من خلال منعها لظهور التناقضات. من أقواله المشهورة الأخرى: «الدليل الأفضل على أنّ السفر عبر الزمن ليس ممكناً، ولن يكون، هو عدم قدوم أفواج سياحيّة من المستقبل لزيارتنا»، لكنّه يمزح بلا شكّ كما يشير الكاتب ديڤيد تومي وآخرون. بعد كلّ شيء، لا توجد آلة زمن مهما كانت تسمح بالسفر عبر الزمن إلى تاريخ يسبق تاريخ صنعها، لذلك، غيابُ أفواج السيّاح القادمين من المستقبل لا يدلّ إلّا على أنّ آلة الزمن لم تُختَرَع بعد. حتّى لو قامت حضارة متقدّمة («نحن» مثلاً، بعد آلاف وآلاف السنين) بالعثور على نفق دوديّ موجود مسبقاً، وتمكّنت من استخدامه للسفر بعيداً جدّاً في الماضي، ما تزال هناك أسباب كثيرة محتَمَلة لعدم رؤيتنا للسيّاح المستقبليّين: مثلاً، ألا يمكن لهم أن يتنكّروا تنكّراً ملائماً، بحيث لا يلاحظهم أحد؟ أتخيّل أنّ شخصاً ذكيّاً بما يكفي للتجسّس على اغتيال يوليوس قيصر، سيمتلك أيضاً من الذكاء ما يجعله يرتدي ملابس مناسبة لا تفضحه. احتمالٌ آخر: من بين حضارات المجرّة الأخرى، حضارتنا لا تثير الفضول كما يكتب كلّ من دويتش ولوكوود، قد يكون للحضارات المستقبليّة «أولويّاتها الخاصّة»، ولا سبب يدعونا للافتراض أنّ زيارة الأرض (في قرننا هذا) هي من أهمّ أولويّات تلك الحضارات.

من المثير للفضول أنّ موقف ستيفن هوكنج من إمكانيّة السفر عبر الزمن تأرجح بين الرفض والقبول، رغم تأييده لحدسيّة الحفاظ على التسلسل الزمنيّ: بعد أن سخّف الفكرة في حقبة 1980، كتب في تقديمه لكتاب

لورانس كراوس «فيزياءُ ستارِ تريك» 1995 ما يلي: «إحدى نتائج السفر بسرعة فائقة بين المجرّات، هي إمكانيّة السفر عبر الزمن نحو الخلف»، من ثمّ صرّح لجريدة سانداي تايمز اللندنيّة أنّنا لو جمعنا النسبيّة العامّة مع النظريّة الكموميّة، سيصبح السفر عبر الزمن «محتَملاً نوعاً ما». بأيّ حال، عندما كتب هوكنج كتابه الشهير الثاني «الكون في قشرة جوز» 2001، اعتبر مجدّداً أنّ السفر عبر الزمن هو احتمال ضعيف.

إن كنّا نبحث عن «أفواج السيّاح القادمين من المستقبل»، لعلّ من الفطنة توجيه دعوة صريحة لهم أوّلاً! كان هذا هو الدافع المنطقيّ لعقد مؤتمر حول السفر عبر الزمن، ضمن معهد ماساشوستس للتكنولوجيا في 7 أيّار 2005. كان المؤتمر بلا شكّ ملتقىً لعلماء الفيزياء، ناقشوا فيه أحدث المستجدّات حول السفر عبر الزمن، لكنّه أيضاً «شجّع» المسافرين عبر الزمن على المرور به! خطرت الفكرة لطالب في سنة التخرّج هو أمال دوريه، عندما قرأ في مجلّة مصوّرة أنّ كلّ ما نحتاجه هو مؤتمر واحد، لأنّ أيّ مسافر عبر الزمن يستطيع حضوره بغضّ النظر عن التوقيت الذي يُقام فيه. كما يعرف الجميع، لم يظهر أيّ زائر من المستقبل آنذاك!

كلّ بحث جديد عن السفر عبر الزمن يُقابَل بالتشكّك المعهود، وكذلك اقتراح ماليت بأنّ سفر الإنسان عبر الزمن سيصبح ممكناً خلال قرن. ما زالت الأنفاق الدوديّة محطّ تركيز الكثير من الباحثين باعتبارها الطريقة الأمثل للسفر عبر الزمن، لكنّ غيرهم يعارضها. في مقال تقنيّ بحث عام 2005، جادل ليونارد ساسكيند –وهو فيزيائيّ من جامعة ستانفورد– أنّه من غير الممكن إيجاد نفق دوديّ يمكن عبوره، من دون أن ننتهك قانونين مقدّسين من قوانين الطبيعة: قانون حفظ الطاقة، ومبدأ عدم اليقين الخاصّ بالميكانيك الكموميّ، «ينبغي على المسافرين المحتَملين عبر الزمن إيجاد نوع آخر من آلات الزمن» كما يقول. يجادل علماء غيره أنّ معادلات نظريّة الأوتار string theory تمنع في المقام الأوّل تشكيل الحلَقات المغلقة الشبيهة بالزمن، سواء كانت نفقاً دوديّاً أم آليّة أخرى (سنناقش نظريّة الأوتار في الفصل القادم).

حتّى ولو كان السفر عبر الزمن غيرَ وارد، فهذا بحدّ ذاته اكتشاف عظيم

على حدّ قول هوكنج: «حتّى ولو اكتشفنا أنّ السفر عبر الزمن مستحيل، من المهمّ أن نفهم لماذا هو كذلك». قد يتوصّل إلى الجواب أحد عمالقة هذا المجال مثل ستيفن هوكنج أو كيب ثورن، وقد يجده شخص آخر أقلّ شهرة، مُنعزلٌ ضمن قبو يحوي تجهيزات متواضعة، مثل رونالد ماليت أو جون كرايمر. على أيّ حال، البحث عن شرح للسفر عبر الزمن يتطلّب ما هو أكثر من الولع بقصص الخيال العلميّ. التفكير بالسفر عبر الزمن، بكلّ تناقضاته وكلّ تحدّياته النظريّة، يجبر الفيزيائيّين على مواجهة بعض من أهمّ القضايا في الفيزياء المعاصرة: طبيعة القوانين المطلقة في الكون، الأسئلة العميقة عن السبب والنتيجة، والأسئلة الجوهريّة عن طبيعة الزمان والمكان.

هل هو حلم سخيف؟ بالطبع! عندما قرأ ماليت «آلة الزمن» للمرّة الأولى، كان طفلاً في الحادية عشرة. الآن هو أكبر، وأكثر حكمة وإلماماً بعالَم الفيزياء الحقيقيّ. «دهشتنا الطفوليّة هي ما يغيب عندما نكبر»، يقول. عندما كان طفلاً، كان صغيراً جدّاً على معرفة الفرق بين الحقيقة والخيال، «وبالنسبة للطفل، الخيال حقيقيّ» يضيف، لكن في مكان ما في أعماقه، ما يزال هناك قبسٌ من دهشة الطفولة تلك، دهشة تولّدت من القراءة عن اختراع جريء وعن آلة مدهشة، وعن التساؤل: ماذا لو؟!

* * *



في البداية

البحثُ عن فجرِ الزمن

- نحن نطمح عبثاً إلى وضع حدٍّ لأعمال الخلـق في الفضــاء... لذلك، نحــن جاهزون كي نكتشــف أنّ حدود الكون الزمنيّة بدورها، ليست في متناول البشر الفانين.

• تشارلز ليل

إلى الشمال الشرقيّ من أريزونا، نحتت روافدُ نهر شينْل ووش Chinle Wash المتعرّجة ثلاثةَ أخاديد سحيقة تلتوي على شكل مروحة، تُصنَّفُ اليوم كجزء من محمية كانيون دي شِلي ناشنال مونيومنت Canyon de Chelly National Monument. يجري نهر شينل ووش إلى الشمال، ويلتقي مع نهر سان خوان الذي ينساب بدوره نحو الغرب، ويصبّ على بعد مئتي كيلومتر في نهر كولورادو. حفرت هذه الأنهار أيضاً فوهةَ أخدود غراند كانيون Grand Canyon، فلا عجب إذن أن يشترك كانيون دي شيلي مع نظيره الأشهر غراند كانيون بالمشهد الطبيعيّ ذاته والجيولوجيا نفسها، لأنّهما تشكّلا بفعل نظام الأنهار ذاته.

الدروب التي تتلوّى بشكل زيك - زاك على طول الحافّة الغربيّة لكانيون دي شيلي، تطلّ على جروف من الصخور الرمليّة التي ترتفع حوالي 300 متر عن الأرض الصحراويّة، وعلى أعمدة صخريّة منفصلة هائلة تماثلها في

الارتفاع أشهرها «سبايدر روك» (صخرة العنكبوت) spider rock الخلّابة. مصطلح «خارج الموسم السياحيّ» لا معنى له في غراند كانيون المكتظّ بالزوّار دائماً وأبداً، أمّا كانيون دي شِلي فيغمره الهدوء. عندما زرته ذات مساء ربيعيّ، لم يكن فيه سواي أنا وسائح آخر، يستمتع بغروب الشمس على صخرة سبايدر روك، وهو رجل أبيض الشعر معه كاميرا عملاقة 8 × 15، مثبّتة على حامل خشبيّ ضخم ثلاثيّ القوائم، بالإضافة إلى كاميرا Hasselbald مثبّتة على حامل ثلاثيّ آخر. المشهد المكافئ في غراند كانيون كما سأكتشف بعد عدّة أيّام، يتضمّن مئات السيّاح الذين يحملون كاميراتهم، ويقفون متلاصقين في أيّ بقعة يستطيعون الوصول إليها على طول السفح الجنوبيّ الشهير.

بدأت الشمس بالانحدار خلف السفح الغربيّ، وعندها تبدّلت ألوان طبقات الصخور في جدران الوادي الشماليّة والشرقيّة، من اللون البنيّ المائل للورديّ إلى الأحمر، والبرتقاليّ المتوهّج. يا لها من وليمة للبصر! بالإضافة إلى ذلك، تتيح لنا الصخور أن نلقي نظرة على الحقب الزمنيّة: أقدم جزء من كانيون دي شِلي، هو طبقة من الحجر الرمليّ تُسمّى «طبقة سوباي» Supai، تشكّلت قبل 280 مليون سنة، أي قبل ملايين السنين من ظهور أوّل ديناصور على الأرض. فوقها، توجد طبقات عديدة تعطي جدران الوادي ألوانها الورديّة الدافئة، وتُدعى بـ «صخور أخدود دي شِلي الرمليّة»، التي كانت كثباناً رمليّة في الماضي، لكنّها تحوّلت بفعل الضغط إلى صخور صلدة قبل 250–230 مليون عام. بعد ما يقارب خمسين مليون عام، توضّعتْ فوقها الطبقة الأخيرة أي «طبقة شِنل»، التي لم يبقَ منها إلّا الجزء القاعديّ المعروف بـ «طبقة شينارَمب Shinarump الرسوبيّة»، أمّا الباقي فقد تآكل واختفى بفعل ملايين السنين من الحتّ والتعرية.

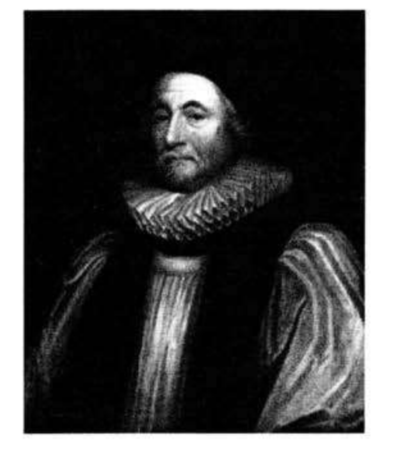
صخور كانيون دي شِلي تروي قصّة مميّزة ثيمتها الأساسيّة هي الزمن، لكن لم يكن من السهل فكّ رموزها وقراءة ما تقوله، إذ لم يتوصّل الإنسان إلى معرفة عمر الأرض إلّا قبل قرون قليلة، كما لم يكتشف أنّ الكون أقدم بكثير من هذه الطبقات الصخريّة إلّا لاحقاً. في العصور القديمة، كان معظم تاريخ الكون مجهولاً.

كما رأينا في الفصل الرابع، الكثير من الحضارات القديمة تصوّرت الزمن على أنّه سلسلة لا نهائيّة من الدورات، وفي تلك المجتمعات كان السؤال حول كيف أو متى بدأ الزمن سؤالاً بلا معنى. «قبل ألفي عام» كما يقول الكاتب مارتن غورست في كتابه الممتع «قياس الأبديّة»، «لم يكن ممكناً تصوّرُ نقطةٍ بدايةٍ للكون»، لكنّ فكرة «خلْقٍ» حَدَثَ لمرّة واحدة فقط خطرت لليهود أوّلاً (اقتبسوها عن البابليّين غالباً)، من ثمّ تبنّتها المسيحيّة، فتحوّل البحث عن أصل الكون بالتالي إلى سؤال منطقيّ. طيلة قرون، اعتقد الناس أنّ الإجابة موجودة في النصوص المقدّسة لا في الطبيعة، إلّا أنّ البحث بدأ بأيّ حال. انكبّ المفكّرون العظام كأوغسطين وأمثاله على دراسة سِفر التكوين، وقاموا بإضافة أعمارِ أفراد سلالة آدم من الذكور – أحصوا كلّ ذرّيّته تلك– بعضها إلى بعض وصولاً إلى بداية الخليقة. حدّد أوغسطين تاريخ الخلق بسنة 5500 قبل الميلاد، أمّا المحترم بِيْد Bede، وهو راهب إنجليزيّ من العصور الوسطى، فقد قرّبه قليلاً إلى عام 5199م. دامت تلك المحاولات طيلة ألف عام وصولاً إلى الحقبة المعاصرة، فقد حدّد كلّ من كيبلر ونيوتن ومارتن لوثر تواريخ مختلفة، تراوحت ضمن نطاق ضيّق نسبيّاً ما بين 4000 ق.م إلى 3993 ق.م، أمّا تاريخ خلق العالَم حسب التقليد اليهوديّ فيرجع إلى عام 3760 ق.م، رغم أنّ التقويم اليهوديّ يبدأ في السنة التي تسبقه، أي في عام 3761 ق.م.

الأسقف والإنجيل

التخمين الذي حظي بأوسع قبول عن عمر العالَم، يرجع إلى أسقف إيرلنديّ هو جيمس آشر (1580–1655م). ولِد آشر في دبلن، وترعرع كبروتستانتيّ في أمّة معظمها من الكاثوليكيّين. كان نهماً للكتب وقرأ كلّ ما وقعت عليه يداه، كما أنّه طاف على كلّ المكتبات الكبرى في بريطانيا وإيرلندا، واقتنى حوالي عشرة آلاف كتاب، ممّا جعل مكتبته واحدة من أضخم المجموعات الخاصّة في كلّ أوروبا. لم يكتفِ آشر بالبحث في الأناجيل، بل درس كذلك مئات النصوص القديمة، في محاولة للتوفيق بين التواريخ المختلفة (المتناقضة غالباً) التي ترد ضمنها. في النهاية، حدّد تاريخ

وفاة الملك نبوخذ نصر الثاني ملكِ بابل بعام 562 ق.م –وهو تاريخ يقبل به معظم المؤرّخين اليوم– من ثمّ، انكبّ على دراسة التوراة اليهوديّة –العهد القديم– وقام بإضافة أعمار الأنبياء وفترات حكم الملوك بعضها إلى بعض، وصولاً إلى فترة حكم نبوخذ نصر، أي ما يعادل 3442 سنة. بعمليّة حسابيّة بسيطة، استنتج أنّ تاريخ بدء الخليقة يعود إلى عام 4004 ق.م، ومضى أبعد من ذلك فحدّد اليوم والتاريخ بالضبط! كان التفّاح ناضجاً في جنّة عدن، فكّر، إذن لا بدّ أنّه الخريف، بل الانقلاب الخريفيّ تحديداً كما تخيّل. سفر التكوين يقترح أنّ اليوم يبدأ مساءً: «وكان مساء وكان صباح يوماً واحداً» (الإصحاح الأوّل، الآية الأولى) لذلك فالعالَم خُلِق مساءً. في الختام، استنتج آشر أنّ العالَم بدأ في الساعة 6:00 مساء يوم السبت 22 تشرين الأوّل 4004 ق.م. لاحقاً، اعتاد الشارحون على حذف التفاصيل، واعتبروا أنّ اليوم الأوّل الكامل هو 23 تشرين الأوّل 4004 ق.م، وهو ما يُعرَف رسميّاً بـ: تاريخ آشر.



الأسقف الإيرلنديّ جيمس آشر. دراسته للتتالي الزمنيّ في التوراة، قادته إلى الاستنتاج أنّ العالَم خُلِقَ في يوم السبت 22 تشرين الأوّل 4004 ق.م

ممّا يدعو إلى العجب أنّ آشر كان واثقاً تماماً من التاريخ الذي تبيّن أنّه خاطئ كليّاً، وأنّه حدّده بدقّة تبدو لنا مشبوهة اليوم، لكنّ الكثير من الأكاديميّين في عصره كانوا يُجرون تلك الحسابات، ويتوصّلون إلى نتائج

مماثلة. معظم أعمالهم طواها النسيان، أمّا عمل هذا الأسقف الإيرلنديّ الغامض فحظي بالشهرة، إذ سرعان ما قام أحد الناشرين في لندن بطباعة الإنجيل مذيّلاً بتحقيب آشر الزمنيّ في الهوامش، كما استخدمته كنيسة إنجلترا في عام 1701م ضمن ترجمة جديدة للإنجيل. مع مرور القرون، افترض معظم القرّاء ببساطة أنّ هذا التسلسل الزمنيّ هو جزء من الإنجيل بحدّ ذاته! وظلّت نسخ من تلك الطبعات التي تحمل تأريخ آشر، متداولة إلى العقد الأوّل من القرن العشرين.

في القرن الثامن عشر، شكّك بعض الأكاديميّين بفكرة أنّ الأرض يافعة إلى الدرجة التي ادّعاها آشر، واقترح بعض الكتّاب الجريئين أنّ سفر التكوين لا يصف كيف بدأ العالَم بشكل دقيق، أو أنّ من المفروض على الأقلّ قراءته مجازيّاً، لا حرفيّاً. من بين أولئك المفكّرين الجسورين كان الفرنسيّ جورج لويس لوكليرك دي بوفون (1707–1788)، الذي أراد أن يجمع كلّ العلوم الطبيعيّة في عمله الطَموح «التاريخ الطبيعيّ» Histoire Naturelle، المكوّن من أربعة وأربعين جزءاً. جادل بوفون أنّ الأرض تشكّلت بسبب اصطدام مذنّب مع الشمس، ممّا أثار غضب المفكّرين المتديّنين: «بجرّة قلم، اختزل بوفون خَلْقَ العالَمِ، تحفةِ المهندسِ الأسمى البديعة، إلى مجرّد حادث كارثيّ» كما يكتب مارتن غورست. اقترح بوفون أيضاً أنّ كلّ الأجناس مرتبطة بحلقات تدريجيّة وسيطة، وأنّها ربّما نشأت عن سلف مشترك، فالله حسب رأيه لم يشغل نفسه بتفاصيل كلّ نبتة وكلّ حيوان. أمّا بالنسبة إلى ما يسرده الإنجيل، فقد قال إنّ لغة سفر التكوين يجب أن تُفسَّر بحرص، كما ردّد رأي غاليليو بأنّ الإنجيل لم يُكتَب من أجل العلماء بل من أجل الناس العاديّين، ولا سبب يدعونا للافتراض بأنّ كلّ «يوم» ذكرتْه الفصولُ الافتتاحيّة في سفر التكوين، يغطّي الفترة ذاتها مثل اليوم الذي يتألّف من 24 ساعة في عصرنا. في الحقيقة، حتّى فكرة «اليوم» كتعاقب لليل والنهار، لم تُذكَر في سفر التكوين إلّا بعد ما يُفترَض أنّه «اليوم الثالث»، عندما خُلِقتِ الشمس.

عوضاً عن ذلك، اتّبع بوفون مقاربة علميّة لحساب عمر الأرض: اعتقد أنّ كوكبنا بدأ على شكل كرة من الصخور المنصهرة، التي بردت تدريجيّاً إلى درجة حرارتها الحاليّة، لذلك أجرى تجاربه على كرات مصنوعة من

موادّ مختلفة، يقوم بتسخينها ثمّ يقيس الزمن الذي يلزمها كي تبرد. بعد ستّ سنوات من التجارب، استنتج أنّ عمر الأرض هو 74832 سنة[1]، لاحقاً، قام بمراجعة تقديراته، واعتبر أنّ الأرض أقدم بكثير ممّا استنتجه في السابق، لكنّه لم ينشر تلك المراجعات. ربّما أرعبته الأرقام الكبيرة التي توصّل إليها، وخشي أنّ العامّة لن يرحّبوا بالمعلومة. «لماذا يخسر العقل البشريّ أمام طول الزمن؟» تساءل بوفون، «ربّما لأنّنا معتادون على وجودنا القصير، لذلك تبدو لنا مئة من السنين مدّة طويلة، ونعاني صعوبة في تخيّل ألف عام، ولا يمكننا حتّى أن نتصوّر عشرة آلاف سنة، ولا أن نفكّر بمئة ألف سنة!».

استند بوفون في تجاربه إلى أبحاث نيوتن حول فيزياء الأجسام التي تبرد. في الحقيقة، نيوتن استخدم التقنية ذاتها لتقدير عمر الأرض، وتوصّل إلى نتيجة قريبة من حسابات بوفون -خمسين ألف عام- لكنّه على عكس هذا الأخير، لم يستطع أن يتقبّل ذلك الرقم الذي يتعارض صراحة مع قناعاته الدينيّة.

أسرارُ الصخور

حتّى إبّان العصور القديمة، وُجِد من تجرّأ على تخيّل أرض تتطوّر، وعالَم يتغيّر مظهره مع مرور الزمن. هيرودوتس على سبيل المثال، تخيّل عمليّات جيولوجيّة تستغرق آلاف الأعوام. حوالي عام 1000 للميلاد، تخيّل الفيلسوف والعالِم الفارسيّ ابن سينا الأرضَ مغرقةً في القِدم، ووصفها بمصطلحات تقترب من مصطلحاتنا الحديثة: الجبال كما يقول تتكوّن «بسبب اضطرابات في القشرة الأرضيّة، كتلك التي تحدث بعد زلزال عنيف، أو التي يسبّبها نهر يشقّ مجرى جديداً، فيقوم بتعرية الوديان وتشكيل طبقات من أنواع مختلفة، بعضها طريّ وبعضها الآخر قاسٍ. الرياح والمياه قد تخرّب طبقة، لكنّها تترك بقيّة الطبقات سليمة»، من ثمّ استنتج: «تتطلّب تلك التغيّرات فترة طويلة كي تكتمل».

1- مثل آشر، يبدو لنا أنّ بوفون بالغ في اعتبار تقديره دقيقاً، كما لم يأخذ «هامش الخطأ» بعين الاعتبار في حساباته. فالك

في القرن الذي سبق صراع بوفون مع حساب عمر الأرض، قام عالِم الطبيعة الإنجليزيّ جون راي (1627–1705) بفحص الأحافير التي اكتشفها في ميدلاندس وشمالي ويلز. بعضها كما لاحظ، يعود إلى حيوانات ونباتات لم تعد موجودة، ألن يستغرق الأمر آلاف السنوات بالنسبة لتلك الأجناس كي تزدهر، من ثمّ تنقرض؟! لو أجبنا بنعم، سنطرح أسئلة لاهوتيّة خطيرة إن خلق الله عالَماً مثاليّاً، فلماذا تنقرض بعض الكائنات وتُستبدَل بغيرها؟!

متسلّحاً بأفكار راي، سافر عالِم الجيولوجيا جيمس هاتن (1726–1797) مطوّلاً في أرجاء بريطانيا، وتوصّل إلى استنتاجات مماثلة عن عمر كوكبنا. برأيه، الحرارة الكامنة في باطن الأرض تدفع الصخور المنصهرة أحياناً نحو القشرة الأرضيّة، كما أنّ الصخور كالبازلت مثلاً كانت مصهورة ذات يوم. تلك العمليّات كما يناقش تتطلّب فترات زمنيّة هائلة، فاستنتج بالتالي أنّ «بحثنا الراهن يقودنا إلى أنّنا لم نجد أثراً لبداية، ولا احتمالاً لنهاية».

كان من المستحيل بالنسبة للبعض أن يستوعبوا هذا المقياس الزمنيّ الجديد، وصَعُبَ على غيرهم إيجاد توافق بين تلك الفترات الزمنيّة الهائلة، وبين الزمن المذكور في النصوص المقدّسة، لكنّ أحد الفلاسفة البارزين كان مستعدّاً لاعتناق الصورة الجديدة الطويلة: تخيّل إيمانويل كانط (1724–1804) أنّ «الخَلْق لم يتمّ في لحظة واحدة»، بل كان بالأحرى عمليّة مستمرّة، وكتب كلمات تبدو سابقة على آراء علماء الكوزمولوجيا المعاصرين: «ملايين وملايين القرون سوف تنقضي، وخلالها ستتشكّل عوالم جديدة عالماً تلو الآخر، وكلّ منها له نظم جديدة. سيتطلّب الأمر ما لا يقلّ عن الأبديّة لبثّ الحياة في المجال غير المحدود، الذي يضمّ امتدادات لا متناهية للفضاء والعوالم، فضاء وعوالم لا حصر لها، ولا نهاية». على حدّ تعبير الكاتبين ستيفن تولمن وجون غودفيلد في كتابهما «اكتشاف الزمن»: «مع حلول 1750، أصبح البشر قادرين على تصوّر مستقبل يمتدّ لآلاف وآلاف السنين، لكنّ أحداً قبل كانط لم يتجرّأ على الحديث علناً وبجديّة، عن ماضٍ يتألّف من ملايين السنوات والقرون».

بعد مئة عام، استنتجَ الجيولوجيّ تشارلز لِيْل (1797–1875) أنّ العمليّات التي شكّلت الأرضَ في الماضي السحيق، هي القوى ذاتها التي ما

تزال فعّالة الآن، وأنّ التغيير قد يحصل تدريجيّاً خلال آلاف السنين، لذلك الكوارث مثل طوفان نوح ليست ضروريّة. اعتماداً على البراهين التي قدّمتها الأحفوريّات، استنتج أيضاً أنّ المناخ أيضاً قد يتغيّر مع مرور الزمن، فأوروبا مثلاً كانت برأيه قارّة مداريّة معتدلة ذات يوم. في كتابه «مبادئ الجيولوجيا» الذي نشره على ثلاثة أجزاء ما بين 1830–1833م، ناقش ليْل أنّ عمر الأرض قد لا يكون بضعة آلاف عام، وإنّما ملايين السنين! يا له من تصريح مرعب! لا عجب إذن، عندما يقوم زميلٌ بإهداء الجزء الأوّل إلى عالِم طبيعة شابّ هو تشارلز دارون، أن يحثّه على الاستمتاع بما يقرأ دون أن يأخذه على محمل الجدّ. على الرغم من النصيحة، يبدو أنّ «مبادئ الجيولوجيا» حفّزت دارون على التفكير، عندما انطلقت سفينة البيغلز في رحلتها.





تشارلز ليل (إلى اليسار) كان من أوائل الذين افترضوا أنّ العمليّات الجيولوجيّة تستغرق ملايين السنين. تشارلز دارون (إلى اليمين) أخذ معه «مبادئ الجيولوجيا»، عندما انطلق في رحلته على متن سفينة البيغلز

في الحقبة ذاتها تقريباً، طاف أحد معاصري لِيْل وهو جورج سكروب (1797–1876) في فرنسا، كي يفحص البراكين الخامدة، واستنتج أنّها تشكّلت تدريجيّاً من خلال عمليّة جيولوجيّة مستمرّة. ربّما كان استنتاجه الذي نشره في كتابه «مذكّرة عن جيولوجيا فرنسا الوسطى» 1827، هو أشهر ما قاله جيولوجيٌّ ذات يوم: «الصوتُ الذي يبدو لأذنَي تلميذِ الطبيعة كأنّه يتردّد باستمرار، من كلّ جزء من أعمالها، هو: الزمن! الزمن! الزمن!».

دارون والزمنُ السحيقُ

كان تشارلز دارون (1809-1882) قد تخرّج لتوّه في الجامعة، وبدأ يفكّر بالانخراط في سلك الكهنوت، عندما اقترح عليه أحد أساتذته أن يرافق سفينة إتش. إم. إس بيغل رسمياً، بوصفه عالِمَ طبيعة. هدف الرحلة كان إجراء مسح هيدروغرافيّ[1] لسواحل أمريكا الجنوبيّة، وللجزر الموجودة في جنوب المحيط الأطلسيّ، وفي شرق المحيط الهادئ. انطلقت سفينة البيغل عام 1831 في مهمّة كان من المقرّر لها أن تدوم عامين، لكنّها استغرقت في الحقيقة خمس سنوات.

خلال تلك الرحلة الطويلة، اكتشف دارون أدلّة هامّة على القوى الجيولوجيّة الفعّالة، ولم تكد تمضي أشهر قليلة على انطلاقه، حتّى اعتنق وجهة نظر لِيْل حول قِدَمِ الأرض. لقد رأى الجزر المرجانيّة الحلقيّة، واستنتج أنّها تشكّلت بفعل براكين قديمة خامدة في الوقت الراهن. رأى في جزر الرأس الأخضر Cape verde جروفاً صخريّة، دفعتْها انفجاراتٌ بركانيّة متلاحقة إلى الأعلى على ما يبدو، وعندما شهد زلزالاً في تشيلي، استنتج أنّ جبال الإنديز بحدّ ذاتها تشكّلت بسبب تقلقل جيولوجيّ تدريجيّ. بدا كأنّ روح لِيْل ترافقه جنباً إلى جنب على متن البيغل! «مبادئ الجيولوجيا كتابٌ يغيّر تفكيرك كليّاً» كتب دارون فيما بعد، «حتّى عندما ترى شيئاً لم يره لِيْل، ستنظر إليه جزئيّاً من خلال عينيه».

والحيوانات أيضاً! لم يستوعب دارون مباشرة ذلك التنوّع الهائل في الأجناس التي صادفها. في جزر غالاباغوس وحدها رأى عشرات الأنواع من أجناس الحساسين، وكلّ جنس يختلف عن الآخر اختلافاً ضئيلاً بشكل وحجم المنقار لا غير. من ناحية أخرى، أظهرتِ المستحاثاتُ أنواعاً ازدهرت في وقت ما، لكنّها انقرضت وحلّت محلّها أنواع جديدة. سيختلف

1- الهيدروغرافيا Hydrography فرع من العلوم التطبيقيّة يقوم بقياس ووصف السمات الفيزيائيّة للمحيطات والبحار والسواحل والبحيرات والأنهار، والتنبّؤ بتغيّراتها مع مرور الزمن، وذلك بهدف تحقيق سلامة الملاحة، ودعم الأنشطة البحريّة الأخرى مثل التنمية الاقتصاديّة، الأمن، البحث العلميّ، وحماية البيئة. المترجمة

داروين في هذه النقطة مع لِيْل، الذي اعتقد أنّ النوع لا يتبدّل مطلقاً بعد أن يُخلَق، إذ بدأت أفكاره عن التطوّر بالتبلور في ذهنه بعد عودته إلى إنجلترا عام 1836، حيث استقرّ فترة قصيرة في لندن، انتقل بعدها إلى منزل ريفيّ كبير في جنوب شرقي المدينة، ثمّ تزوّج ابنة عمّه إيما ويجوود (سليلة أباطرة البورسلان)، وأنجب عشرة أبناء عاش سبعة منهم إلى سنّ الشباب.

انكبّ داروين على دفاتر ملاحظاته خلال العقدين التاليين، درس العيّنات التي أحضرها معه، وتفكّر بما رآه خلال رحلته (خلال الوقت ذاته كان يتصارع مع مرضٍ مُقْعِد، إذ عانى بشكل دائم من الإقياء والارتجاف والخفقان والصداع. لم يُشخَّص مرضه قطّ، لكنّه جعله عاجزاً عن العمل في أغلب الأيّام، وكان يعتبر نفسه محظوظاً إن استطاع أن يعمل بضع ساعات يومياً لا غير).

لم يكن داروين أوّل من فكّر بمسألة التطوّر. في الحقيقة، سبقه جدُّه إيراسموس داروين باقتراح أنّ جميع الحيوانات ذات الدم الحارّ، نشأت من سلف مشترك. بأيّ حال، الكيفيّة التي تغيّرت بها الأجناس عبر الزمن كانت ما تزال مجهولة، وإنجاز داروين لم يكن التوصّل إلى فكرة التطوّر بحدّ ذاتها، بل إلى الآليّة التي يحدث التطوّر بموجبها، وهي الانتقاء الطبيعيّ Natural selection. الانتقاء الطبيعيّ هو الأداة التي تستعملها الطبيعة لخلق أجناس جديدة من النباتات والحيوانات، ويعني بشكل عامّ أنّ الكائنات الحيّة التي تتكيّف بشكل أفضل مع بيئتها، تكسب فرصاً أفضل للبقاء والتكاثر، كما أنّها تنقل إلى ذريّتها الصفات التي أعطتها تفوّقاً على بقيّة أبناء جنسها. التطوّر يتطلّب وقتاً، واستنتج داروين –والفضل يعود إلى لِيْل– أنّ زمناً كافياً قد انقضى لحدوثه. لم يكتشف داروين «الزمنَ السحيق»، لكنّه اعتمد على أعمال عمالقة الجيولوجيا السابقين، وآمن بفكرة الزمن السحيق بكلّ جوارحه. «يا لتلك الأجيال اللّانهائيّة التي يعجز العقل عن استيعابها» كتب، «والتي لا بدّ أنّها تعاقبت بعضها خلف بعض، طيلة سنوات وسنوات».

نُشِرَ كتابُه «أصل الأنواع» في تشرين الثاني 1859، فنفدت طبعته الأولى على الفور تقريباً، كما أعيدت طباعته ستّ مرّات خلال الاثني عشر عاماً اللّاحقة. تبنّى المجتمع العلميّ آراء داروين بسرعة، رغم الاعتراضات اللّاهوتيّة التي لا

بدّ منها: نظريّة دارون تقترح أنّ جميع الكائنات الحيّة يمتّ بعضها بصلة قربى إلى بعض –سيقترح دارون فيما بعد أنّ الإنسان وثدييّات الآيب أبناء عمومة– كما لا يلزمنا «فعلٌ خاصٌ للخلق، لأنّ كلّ الأجناس تتطوّر تدريجيّاً»[1].

تلك كانت أفكاراً صعبة الهضم، ولم يقبلها البعض من المفكّرين الدينيّين المحافظين على الإطلاق، كما خيّمت على النقاش بمجمله فكرة «المسار الزمنيّ التطوّريّ» time line. التتالي الزمنيّ الذي افترضه آشر، والذي حدّد عمر الأرض بستّة آلاف عام أصبح بالياً، ولا مجال للشكّ بأنّ تاريخ كوكبنا –والحياة بحدّ ذاتها– يمتدّ إلى ملايين السنين في الماضي بكلّ تأكيد.

«الدارونيّة» كما يصفها تيموثي فيريس، كانت «قنبلة زمنيّة».

مع نهاية القرن التاسع عشر، لاقى تأثيرُ تلك الثورة على إدراكنا للزمن القبولَ في العالَم بأسره تقريباً، ولخّص الجيولوجيّ آرشيبالد غيك الوضع كما يلي: «كم كانت طويلة تلك الفترة اللّازمة لظهور هذا المخطّط المهيب من التطوّر العضويّ، الذي تؤرِّخ له الصخور!»، كما أعلن عام 1892 أنّ «قانون التطوّر مقروء بوضوح في أيّ مشهد طبيعيّ في الأرض، وكذلك على كلّ صفحة من صفحات الطبيعة على حدّ سواء». تلك الثورة تجلّت في العالم الحيّ، وفي الكرة الأرضيّة أيضاً كما يشرح لنا:

«تبيّن لنا أنّ الأحياء الموجودة اليوم من نباتات وحيوانات، تكشف بوضوح عن ملامح جغرافيّة قديمة، اختفت منذ زمن طويل... تلك الأحياء تخبرنا عن أنّ المناخ تغيّر، وأنّ الجزر انفصلت عن القارّات. تخبرنا عن محيطات كان بعضها موصولاً ببعض فيما مضى، لكنّها انفصلت الآن، أو على العكس، كانت منفصلة واتّحدت... الحاضر والمستقبل مرتبطان معاً في نظام واحد، واسع، من التقدّم المستمرّ».

دارون نفسه روّعته دراما التطوّر التي لا تنتهي، والحقبُ الزمنيّة الشاسعة التي تتطلّبها، فكتب في «أصل الأنواع»: «ذاك الذي لا يعترف بأنّ الحقب الزمنيّة كانت هائلة في الماضي، عليه أن يُغلق هذا الكتاب على الفور».

1- سيناقش دارون فكرة أصل الإنسان بأسلوب مباشر أكثر في كتابه الثاني «هبوط الإنسان» 1871. فالك

سرعان ما سيلحق الفيزيائيّون بالجيولوجيّين وعلماء الطبيعة في تبنّي ذلك الاستنتاج. اكتشاف أشعّة إكس عام 1895، واكتشافُ الفعّاليّة الإشعاعيّة للذرّات بعدها بعام، فتحا آفاقَ عالَم غير مطروق ضمن الذرّة، وقدّما أدوات جديدة لسبر الحقب الزمنيّة الطويلة. إرنست رذرفورد (1871–1937) -وهو كيميائيّ وُلِد في نيوزيلندا، وعمل في مونتريال- اكتشف أنّ بعض العناصر غير المستقرّة تُحرِّر الطاقةَ بمعدّل قابل للحساب، يتناقص تدريجيّاً خلال فترة زمنيّة طويلة، فضلاً عن أنّ المعادن التي تحوي مثل تلك العناصر المشعّة تحرّر الطاقة طيلة آلاف، بل وملايين السنين. أدرك رذرفورد على الفور أهميّة اكتشافه: باطنُ الأرض لا يبرد ببساطة كما افترض بوفون قبل مئتي عام، بل على العكس، يسخن باستمرار من الأعماق، بسبب تفكّك العناصر المشعّة الموجودة في نواة كوكبنا المنصهرة. بالتالي، «الفعّاليّة الإشعاعيّة تُطيل المجال الزمنيّ المُفترَض، الذي ظهرت خلاله الحياة على الأرض» كتب، «ممّا يسمح بتقبّل الزمن المطلوب لحدوث التطوّر، والذي يفترضه الجيولوجيّون وعلماء البيولوجيا».

قاد مبدأ التفكّك الإشعاعيّ إلى اختراع تقنيّة جديدة فعّالة لتحديد عمر المعادن، هي «التأريخ الإشعاعيّ» radiometric dating، تعتمد على المبدأ التالي: معدّل تفكّك الجسيمات المشعّة غير المستقرّة مستقلٌّ عن درجة الحرارة وعن الضغط، ويعتمد فقط على طبيعة العنصر المشعّ. سرعان ما استغلّ الجيولوجيّون «التأريخَ الإشعاعيّ» لحساب عمر الصخور، واكتشفوا أنّه يقدّر بمئات ملايين السنين. في كتابه «عُمْرُ الأرض» 1927، أعلن الفيزيائيّ آرثر هولمز أنّ «كلّ الأدلّة تتوافق بتناغم تامّ مع الاستنتاج، بأنّ عمر الأرض يتراوح ما بين 1600 إلى 3000 مليون سنة»، أي ما بين 1.6–3 مليارات عام[1].

عمر الأرض كما حسبه آشر، الذي ارتبط مباشرة بالإنجيل آنذاك، أصبح فجأة أشبه بقطرة في محيط الزمن الجيولوجيّ الشاسع. «بالنسبة للناس

1- القيمة المعتمدة حاليّاً هي 4.6 مليار سنة، اعتماداً على أقدم الصخور المعروفة والنيازك وعيّنات القمر. فالك

المعتادين على التعامل في حياتهم اليوميّة بأرقام لا تزيد على العشرات والمئات» يكتب مارن غورست، «تلك القفزة الضخمة من الملايين إلى المليارات، كانت مدوّخة!». مدوِّخة؟! أجل بالطبع، لكن من حسن حظّ العلماء أنّ التعامل مع تلك الأرقام الهائلة ليس أصعب من عدّ أصابع اليدين. قد لا نكون قادرين على تخيّل ضخامة تلك الأرقام -رؤية خمسين ألف مشجّع لا غير في ملعب رياضيّ مكتظّ، تعدّ عسيرة- لكنّ ذلك لا يمنعنا من استعمالها. آرثر إدينغتن، الفلكيّ البريطانيّ الذي قاد أحد الفرق العلميّة لإثبات صحّة نظريّة النسبيّة العامّة أثناء كسوف عام 1919، فهم المفارقة التي تنطوي عليها تلك الأرقام الضخمة. في مقال مشهور له، فصّل بالكيلومترات المسافاتِ التي تفصلنا عن الشمس، عن أقرب نجم، وعن أجرام سماويّة متنوّعة أخرى، وصولاً إلى أبعد مجرّة معروفة في تلك الحقبة (قدّر بُعدَنا عنها بـــ 3,000,000,000,000,000,000,000 كيلو متر)، وكتب: «يشتكي بعض الأشخاص من أنّهم عاجزون عن إدراك تلك الأرقام. بالطبع لا يستطيعون، لكنّ الإدراكَ هو آخر ما يهمّنا بالنسبة للأرقام الكبيرة! خلال أسابيع قليلة، سيقدّم وزير ماليّتنا في إنجلترا الميزانيّةَ السنويّة، التي تُقدّر بـ900,000,000 جنيه[1]. هل تظنّون أنّه في سياق تحضيراته، سيلقي بنفسه في حالة من الغيبوبة كي يتخيّل كلّ تلك الأكوام من قطع النقود المعدنيّة، أو أوراق البنكنوت، أو البضائع التي تمثّلها؟! أنا واثق أنّ وزير الماليّة عاجز عن إدراك 900,000,000 جنيه، لكنّه قادرٌ على إنفاقها»، وأضاف أنّ الهدف من الأرقام الضخمة ليس أن تدهشنا، بل أن نتلاعب بها، ونوظّفها لخدمتنا.

الزمن والكون

تروي النجوم بدورها قصةً تتمحور حول الزمن، استغرق تفسيرها قروناً، تماماً مثل قصّة أصلِ الأرض العتيق. كلّ حضارة من الحضارات نسجت أساطيرها الخاصّة حول نشأة الكون، أمّا الدراسة العلميّة للكوزمولوجيا

1- في تلك الحقبة كانت الميزانيّة الوطنيّة للدول تعادل أقلّ من مليار جنيه أو دولار! فالك

فهي مجال يافع للغاية، لم ينطلق بشكله المعاصر إلّا في العقد الأوّل من القرن العشرين.

اكتشف غاليليو أنّ ذلك الشريط الضوئيّ المبهم الذي يُدعى بدرب التبّانة، هو عبارة عن مجموعة ضخمة من النجوم -أكثر ممّا يستطيع عدّه- لكنّ الأمر تطلّب تلسكوباتٍ أقوى، وتكنولوجيا أكثر تعقيداً، كي نحسب المسافة التي تفصلنا عن النجوم، ونكتشف هندسة مجرّتنا. نعرف الآن أنّ درب التبّانة أشبه بقرص فريزبي عملاق، يُقدَّر قطره بمئة ألف سنة ضوئيّة[1]، وهذا القرص له مركزٌ منتفخ وأذرع لولبيّة تدور في محيطه. من منظورنا، نحن الموجودين داخل إحدى تلك الأذرع الحلزونيّة، تبدو لنا المجرّة على هيئة «شريط» نراه ليلاً. مع تطوّر التلسكوبات العملاقة، بدأ الفلكيّون بتصنيف البقع الضوئيّة المبهمة الأخرى المبعثرة في السماء، والتي تُعرَف بالنيبولات[2] Nebula. لاحظوا أنّ أشكال بعضها لولبيّة مميّزة، لذلك أطلقوا عليها في البداية اسم «النبيولات الحلزونيّة»، من ثمّ اتّضح لهم في حقبة 1920 أنّها ليست نبيولات، وإنّما مجرّات مثل مجرّتنا. تلك «المجرّات الخارجيّة» تشبه درب التبّانة، لكنّها بعيدة على نحو لا يُصدّق (في الحقيقة، سبقهم كانط في حقبة 1750 عندما اقترح تسميتها بـ «أكوان على هيئة جُزُر»). إذن، صورة الكون بدأت تكبر!

لكنّها البداية لا غير! تعلّم الفلكيّون كيف يقيسون المسافة التي تفصلنا عن تلك المجرّات، واستطاعوا حساب سرعةِ حركتها في الفضاء من خلال تحليل أطيافها الضوئيّة. تبيّن أنّ الخطوط الطيفيّة[3] Spectral lines للعديد من المجرّات، تُبدي

1- السنة الضوئيّة هي المسافة التي يقطعها الضوء خلال سنة واحدة، وتعادل تقريباً 9.5 تريليون كيلومتر. فالك

2- كلمة لاتينيّة الأصل تعني الضباب أو الغيمة، وهي عبارة عن سحب تتوضّع بين المجرّات، مكوّنة من الغبار، الهيدروجين، الهليوم، والغازات المتأيّنة الأخرى. استخدم المصطلح سابقاً لوصف أي أجرام سماويّة مبعثرة خارج درب التبّانة. المترجمة

3- الخطوط الطيفيّة أشبه ببصمات الأصابع، يمكن بواسطتها تحديد نوع الذرّات أو العناصر التي تؤلّف نجماً أو مجرّة... إلخ. من خلال تمرير الضوء الصادر عن الجرم السماويّ عبر جهاز خاصّ، هو مقياس الطيف، نرى مجموعة ألوان مرتّبة على شكل خطوط ملوّنة، تفصلها مناطق عاتمة. كل عنصر يبدي توزّعاً ثابتاً خاصّاً به للألوان، والخطوط العاتمة، وعددها، والمسافات فيما بينها. المترجمة

انزياحاً نحو النهاية الحمراء للطيف، يُعرف بـ «الانزياح نحو الأحمر[1]» redshift، ممّا يقترح أنّها تتحرّك مبتعدة عن مجرّتنا. هذا يشبه ما يُسمّى بـ «تأثير الدوبلر»، أي الظاهرة التي تجعلنا نسمع صوت إنذار سيّارة الإسعاف وكأنّه أقلّ حدّة عندما تتحرّك السيّارة مبتعدةً عنّا. في عام 1929، اكتشف الفلكيّ الأمريكيّ إدوين هابل (1889–1953) اكتشافاً فريداً من نوعه: باستعمال تلسكوب قطره مئة إنش في مرصد ماونت ويلسون، كاليفورنيا -كان أضخم تلسكوب في العالَم آنذاك- درس هابل المجرّات البعيدة بشكل منهجيّ، ووصفها بقوله: «تبدو مبعثرة في الفضاء حتّى أبعد نقطة نراها بالتلسكوب»، ودهُشَ حين اكتشف علاقة بين بُعدِ المجرّة عن درب التبّانة، وبين حركتها: كلّما كانت المجرّة أبعد، هذا يعني أنّها تتحرّك أسرع... لقد اكتشف هابل أنّ الكون يتمدّد!



الفلكيّ الأمريكيّ إدوين هابل. دراسته للمجرّات البعيدة عن درب التبّانة، كشفت أنّنا نعيش في كون يزداد اتّساعاً.

1- يترتّب الطيف الضوئيّ وفق أطوال الأمواج الضوئيّة التي يتألّف منها، بدءاً من الأطول (اللون الأحمر)، إلى الأقصر (اللون الأزرق) مثل قوس قزح. في ظاهرة الانزياح نحو الأحمر، يلاحظ العلماء أنّ الخطوط الطيفيّة للجرم السماويّ تنزاح عن موقعها المُفترَض، وتظهر في موقع جديد مغاير يتوضّع ضمن نطاق الموجات الأطول، أي أنّها تنزاح نحو اللون الأحمر مجازيّاً، ممّا يعني ببساطة أنّ طول موجة الضوء الصادر عن الجرم أصبح أكبر (نتيجة ابتعاد الجرم عن الأرض). ليس من الضروريّ أن يكون الضوء الصادر عن الجرم، ولا الضوء الذي يحلّله العالِم، أحمر اللون في الحقيقة. المترجمة

الصورة الجديدة التي رسمها هابل للكون، هي صورة راديكاليّة. قبلها، لم يكن هناك سبب يدعونا للاعتقاد بأنّ الكون ليس ستاتيكيّاً، فالكون موجود في مكانه منذ الأزل، ويبدو دائماً بالصورة التي هو عليها الآن. أمّا صورة هابل فهي ديناميكيّة، وكشفت أنّنا نعيش في كون يتطوّر.

من المثير للفضول أنّ آينشتاين كاد يتوقّع تمدّد الكون، فبعد سنوات قليلة من اكتشافه النسبيّة العامّة، بدأ بتطبيقها على الكون بمفهومه الواسع، لكنّ النتيجة التي حصل عليها فاجأته: معادلات النسبيّة العامّة لا تسمح بحالة ستاتيكيّة للكون، بل تتطلّب إمّا أن يتمّدد، أو أن ينكمش. سارع بعض العلماء لاستقصاء هذا السيناريو، الكوزمولوجيّ الروسيّ ألكساندر فريدمان على سبيل المثال، أوجد حلولاً لمعادلات آينشتاين التي تقترح أنّ الكون يتمدّد، واعتبرها خياراً منطقيّاً. الفيزيائيّ البلجيكيّ جورج لوميتر، الذي كان في الوقت نفسه قسّاً كاثوليكيّاً، مضى أبعد من ذلك، واقترح -حتّى قبل أن يعلن هابل اكتشافه- أنّ الانزياح نحو الأحمر قد يكون دليلاً على تمدّد الكون، كما طرح فكرة مفادها أنّ الكون بدأ على شكل «ذرّة بدئيّة[1]».

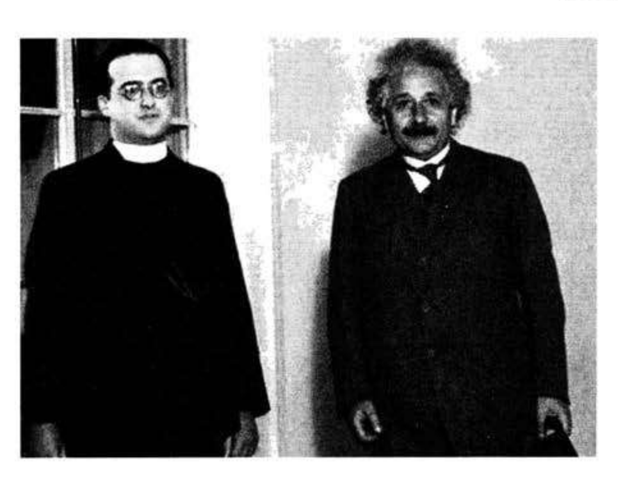
لم يقبل آينشتاين بأيّ من ذلك كلّه! مثل غالبيّة العلماء في عصره، آمن آينشتاين بكون لا يتغيّر، لذلك أدخل إلى معادلاتِه عاملاً factor زائفاً، أطلق عليه اسم «الثابت الكونيّ»، كي «يوازن» الكون. بعد عدّة سنوات بأيّ حال، عندما أعلن هابل عن اكتشافه المدهش، ندم آينشتاين فوراً على فكرة الثابت الكونيّ، وقال إنّها كانت «أكبر غلطة» في حياته المهنيّة.

تمدّدُ الكون

تفرض فكرة تمدّد الكون expansion اعتبارات صاعقة! عودوا بالزمن إلى الخلف، وسيصبح الكون أصغر فأصغر، إلى درجة لا تُصدَّق! قبل

1- رغم أنّ الفضل يُنسَب إلى هابل باكتشاف تمدّد الكون، لكنّ العديدين بمن فيهم الفلكيّان فِستو سيلفر وميلتون هيوماسن قدّموا إسهامات هامّة، كما أنّ معظم العلماء في ذلك الوقت أهملوا أعمالَ لوميتر لأنّه نشرها في مجلّة بلجيكيّة مغمورة. يعتبر الكثيرون اليوم أنّ لوميتر هو أبو نظريّة البغ بانغ. فالك

مضيّ زمن طويل، قادنا هذا إلى فكرة أخرى هي الانفجار الكونيّ[1]: لا بدّ أنّ الكون قد بدأ ككرة ناريّة ذات حرارة وكثافة هائلتين، ثمّ بدأ يبرد عندما تمدّد -من حسن حظّنا اليوم أنّنا نعيش بالقرب من نجم دافئ لطيف- لأنّ متوسّط حرارة الكون هو أعلى ببضع درجات فقط من الصفر المطلق (الذي يساوي 270 درجة تحت الصفر). ما إن بدأت حرارة الكون بالانخفاض، حتّى تشكّلت أولى تراكيبه، واستغرق الأمر مليارات السنين للوصول إلى الكون كما نعرفه اليوم، بمجرّاته وعناقيد مجرّاته clusters. يسمّي الفلكيّون هذا النموذج بنظريّة البغ بانغ big bang، وهو تعبير ابتكره الفلكيّ فرِد هويل خلال لقاء إذاعيّ مع BBC عام 1950. في مفارقة ساخرة، رفض هويل فكرة البغ بانغ لمصلحة نموذجه «الكون ذو الحالة الثابتة»، والذي لقي مصيراً بائساً.



القسّ والفيزيائيّ البلجيكيّ جورج لوميتر (إلى اليسار)، أحد آباء نموذج البغ بانغ في الكوزمولوجيا. لم يستطع ألبرت آينشتاين (إلى اليمين) أن يتقبّل في البداية فكرة الكون الذي «يتطوّر».

1- رغم أنّني استعملتُ مفردة «انفجار» لوصف البغ بانغ، لكنّها تعبير مضلّل. يتصوّر الفيزيائيّون البغ بانغ على أنّه تمدّد للضوء بحدّ ذاته، وليس تمدّداً للمادّة في كون موجود مسبقاً، لذلك لا يوجد «مكان» حصل فيه البغ بانغ، ولا توجد حوافّ للكون. مع ذلك، يمكن أن يكون الكون محدوداً finite تماماً، مثل سطح البالون الذي يتمّدد ويكبر، لكنّه لا يتمدّد إلى ما لا نهاية. فالك

أعمال كلّ من هابل وآينشتاين خلقت تصوّراً جديداً عن الكون: الكون له بداية (بالنسبة لبعض العلماء، نظريّة البغ بانغ تبدو مشبعة باللّاهوت المسيحيّ، خاصّة أنّ أحد آبائها المؤسّسين كان قسّاً)، كما أنّ الزمن كذلك بدأ في لحظة معيّنة. فجأة، أصبح متاحاً للعلم أن يحدّد متى وقع هذا الحدث الآنيّ. السعي للبحث عن فجر الزمن الذي بدأ من الصخور تحت أقدامنا، انتقل الآن إلى السماوات!

تراكمت الأدلّة على حدوث البغ بانغ في منتصف القرن العشرين. تعلّم الفيزيائيّون كيف يقيسون كمّيّة العناصر الكيميائيّة التي تتكوّن منها النجوم والمجرّات، واكتشفوا أنّ كمّيّة كلّ من الهيدروجين والهليوم والغازات الأثقل، تعادل بالضبط ما يتنبّأ به نموذج البغ بانغ، وأنّ النتائج تتوافق مع فكرة كرة ناريّة كونيّة تتمدّد وتبرد. ثمّ ظهر دليل آخر حاسم، في أواسط حقبة 1960: أوضحُ بصمةٍ تركها البغ بانغ، كانت نوعاً من «الصدى» لذلك الانفجار البدئيّ، ليس صدى صوتيّاً بالطبع، وإنّما صدى مؤلّفٌ من الأشعّة الميكرويّة microwave radiations التي اكتشفها بالصدفة عام 1965 عالمان هما آرنو بنزياس، وروبرت ويلسن. باستعمال هوائيّ راديويّ عملاق في نيوجيرسي، تمكّن العالِمان من التقاط إشارة ميكرويّة خافتة تصدر من جميع الاتّجاهات في السماء، أي أنّهما اكتشفا توقيع البغ بانغ المعروف اليوم بـ: إشعاع الخلفيّةِ الكونيّة الميكرويّ أو CMB اختصاراً، Cosmic Microwave Background. بالصدفة، كان الفيزيائيّ روبرت دِك وزملاؤه في جامعة برينستون –التي تبعد ساعة عن مكان عمل العالِمَين المذكورين– قد تنبّؤوا في الفترة ذاتها تقريباً بوجود إشعاع الخلفيّة الكونيّة الميكرويّ، وكانوا يخطّطون للبحث عنه عندما سمعوا خبر اكتشاف بنزياس وويلسن، اللذين ربحا بسببه جائزة نوبل لاحقاً عام 1978.

يمكن أن نتصوّر إشعاع الخلفيّة الكونيّة الميكرويّ على أنّه رشقة من الإشعاع، انطلقت عندما كان عمر الكون أقلّ من نصف مليون سنة، وهي تملأ الفضاء بأسره اليوم. مؤخّراً، بدأ العلماء باستعمال مسبار يدعى WMAP (the Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) انطلق عام 2001 لفحص إشعاع الخلفيّة الكونيّة الميكرويّ بشكل مفصّل، ومن

خلال البيانات التي حصلوا عليها، استطاعوا أن يصفوا الملامحَ الأساسيّة للكون بدقّة عالية. نعرف الآن مثلاً أنّ الكون «مسطّح» بمعنى أنّ من الممكن وصفه باستخدام الهندسة الإقليديّة البسيطة: الخطوط المتوازية تبقى متوازية، ومجموع زوايا المثلّث هو 180 درجة دائماً. نعرف أيضاً أنّ «المادّة العاديّة» -النجوم والكواكب مثلاً- تشكّل 4% فقط من محتويات الكون، والباقي يتألّف من «المادّة السوداء» الغامضة التي تساهم بـ 23% من تركيبه، و«الطاقة السوداء» الأشدّ غموضاً التي تساهم بـ 73% (سنتعرف إليهما في الفصل القادم).

أخيراً، أتاح WMAP للعلماء أن يحدّدوا عمر الكون: يعتقد الفلكيّون أنّ البغ بانغ حدث قبل 13.7 مليار سنة، بهامش خطأ لا يتجاوز 200 مليون عام زيادة أو نقصاناً.

الهديّة المجانيّة الكبرى

اكتشاف إشعاع الخلفيّة الكونيّة الميكرويّ كان فتحاً علميّاً عملاقاً، لكنّه طرح أسئلة جديدة. أوّلاً، الكون ضخم ضخامة هائلة، أكبر بكثير ممّا توقّع العلماء استناداً إلى نظريّة البغ بانغ فقط. ثانياً، الإشعاع المذكور في غاية التجانس، أي أنّ الفلكيّين يقيسون الشدّة ذاتها للإشعاعات الميكرويّة حيثما وجّهوا تلسكوباتهم (لا ينحرف أيّ جزء من إشعاع الخلفيّة الكونيّة الميكرويّ عن الوسطيّ بأكثر من عدّة أجزاء من المليون). لو كان الكون صغيراً، لما فاجأهم هذا، لأنّ المعلومات ستنتقل جيئة وذهاباً بين أطراف الكون المختلفة، وتجعله متجانساً. في الحقيقة، الكون ضخمٌ للغاية، وهو موجود منذ حوالي 14 مليار سنة فقط، أي لم ينقضِ «زمن» كافٍ لحدوث التجانس الذي نلاحظه عبر مسافات شاسعة كهذه.

ظهر حلّ منطقيّ في بدايات حقبة 1980، عنما اقترح الفلكيّون نموذجاً مُعَدَّلاً عن صورة البغ بانغ هو «التضخّم» inflation، ينصّ على أنّ الكون مرّ بمرحلة تمدّد حدثت بسرعة هائلة خلال جزء من الثانية الأولى لظهوره،

وساعدتهم هذه المرحلة من النمو السريع (أو الأسّيّ exponential)[1] على تفسير سبب ضخامة وتجانس الكون.

اشتغل الكثير من العلماء على نظريّة التضخّم[2]، لكنّ أوّل مقال حاسم عنها كتبه الفيزيائيّ آلان غُوْث (يعمل في معهد ماساشوستس للتكنولوجيا اليوم) عام 1981. نموذج غوث لا يحدّد القوّة المسبّبة لعمليّة التضخّم، التي يشير إليها علماء الفيزياء اليوم كـ «حقل سُلَّميّ[3]» scalar field، لأنّه بمقدورنا وصفها من خلال إعطاء كلّ موقع في الفضاء رقماً واحداً، هو بالأحرى درجة الحرارة. هذا لا يساعدنا على تصوّر كيف تعمل تلك القوّة الدافعة، لكنّ نموذج التضخّم صحيح على ما يبدو، كما أنّه وصف الأحداث التي وقعت لاحقاً خلال تطوّر الكون بنجاح.

من النتائج الجانبيّة للتضخّم الكونيّ أنّه يُلهِمنا جرعة من التواضع بأسلوب كوبرنيكوس، لأنّ هذا النموذج يقترح أنّ الكون المرئيّ الذي

1- في النموّ الأسيّ تزداد قيمة المتغيّر المدروس بالتناسب مع قيمته الحاليّة، كأن يتضاعف بشكل مستمر مثلاً، كما في المثال المشهور عن مزرعة الأرانب التي يزداد عدد الأرانب فيها بمقدار الضعف كلّ شهر: نبدأ بأرنبين في الشهر الأوّل، ثمّ 4 في الشهر الذي يليه، ثمّ 8 ثمّ 16... وهكذا دواليك. المترجمة

2- تقترح نظريّة التضخّم أنّ طاقة البغ بانغ الهائلة سبّبت تضخّماً أسيّاً في الكون استمرّ 10^{-32} ثانية (رقم يحوي 33 صفراً بعد الفاصلة)، وصولاً إلى حجم كرة بيسبول، من ثمّ توقّف «التضخّم» وأصبح الكون ساخناً لدرجة لا تصدق، وبدأ بعد ذلك «تمدّد» الكون بمعدّل أبطأ، كما أنّه برد في سياق ذلك. أجزاء الكون التي نراها اليوم متباعدة جدّاً بسبب التمدد، كانت قريبة جدّاً بعضها من بعض في الكون الباكر قبل حدوث التضخّم وبينها نوع من الاتصال المباشر، كما أنّ درجة حرارتها استقرّت، وهذان الأمران هما سبب من أسباب تجانس إشعاع الخلفيّة الكونيّة الميكرويّ. المترجمة

3- يترافق الحقل السلّميّ مع قيمة وحيدة فقط لكلّ نقطة في الفضاء، قد تكون هذه القيمة عدداً رياضيّاً مجرّداً أو مقداراً فيزيائيّاً، كما يجب أن يكون الحقل السلّميّ مستقلاً عن أي إطار مرجعيّ reference frame، أي أنّ أيّ مراقبَين يستعملان الوحدات ذاتها سيتّفقان على القيمة المعطاة للنقطة في الفضاء أو الزمان–المكانيّ بغضّ النظر عن الموقع الذي انطلقا منه. من الحقول السلّمية المستعملة في الفيزياء: توزّع درجة حرارة الفوتونات التي تكوّن إشعاع الخلفيّة الكونيّة الميكرويّ، وهو ما تعتمد عليه نظريّة التضخّم. المترجمة

ترصده تلسكوباتنا -رغم اتّساعه- هو مجرّد كِسرة لا غير. هذا الكون المرئيّ (يُشار إليه أحياناً بـ «فقاعتنا» أو «أُفُقنا») محاطٌ بمناطق بعيدة جدّاً، دُفِعَتْ بسرعة هائلة بفعل تضخّم الكون في أولى لحظاته، لدرجة أنّ الضوء الصادر عنها لم يتسنّ له الوصول إلينا بعد. ربّما تبقى تلك النطاقات النائية مجهولة كليّاً بالنسبة لنا، ولن نجد وسيلة لتلقّي إيّ إشارة منها مهما كانت.

لم يعتد العلماء على تقبّلِ فكرة خلقِ شيء من اللّاشيء، حتّى أرسطو ارتجف بسبب هذه الفكرة، واعتبرها إهانة للمنطق. نظريّة الكون المتضخّم تبدو كأنّها تفترض خلْقاً من العدم، وإن كانت صحيحة «ستكون آليّة التضخّم هي المسؤولة عن خلق كلّ المادّة وكلّ الطاقة في الكون» كما يقول آلان غوث. أصلُ المادّة حسب رأيه، لم يعد خارج نطاق العلم: «من الممكن تصوّرُ أنّ كلّ شيء يمكن أن يُخلَق من لا شيء في سياق كوزمولوجيا التضخّم، ومن الإنصاف القولُ إنّ الكون هو الهدية المجّانيّة الكبرى!»

سرعان ما تحوّلت نظريّة التضخّم Inflation إلى «نظريّة البغ بانغ الجديدة المطوَّرة»، وتُعتَبر اليوم جزءاً أساسيّاً من وصف تطوّر الكون. من الجدير بالذكر أنّ جميع الملاحظات التي اكتشفها الفلكيّون تدعم هذه النظريّة بالفعل، فقد أكّد مسبار الفضاء WMAP مثلاً أنّ الكون «مسطّح» هندسيّاً كما تنبّأت النظريّة.

في مؤتمر عُقِد مؤخّراً في ديفيس، كاليفورنيا عن كوزمولوجيا التضخّم، سألتُ غوث -وهو رجل لطيف، ودود، ومتلهّف لشرح عمله- أن يعطيني «دليلَ المبتدئين» لفهم كوزمولوجيا التضخّم. «التضخّم هو تحايل على نظريّة البغ بانغ» أجابني، «والنظريّة هي جواب عن سؤال: ما الذي جعل الكون ينتفخ؟ ما الذي حرّض ذلك التمدّد العملاق الذي ما زلنا نراه اليوم؟». استناداً إلى نظريّة التضخّم حسب شرحه، طبّق «الحقلُ السُلّميّ» ضغطاً هائلاً على كلّ المادّة الموجودة في الكون، فأصبح الكون أشبه ببالون ينتفخ وينتفخ، ويتضاعف قطره مرّات ومرّات، إلى أن بلغ مئة ضعف. قبل التضخّم، كان الكون أصغر بمليار مليار مرّة من البروتون، أمّا بعد التضخّم فقد أصبح بحجم كرة بيسبول (أو ثمرة كريفون)، وحصل كلّ ما سبق خلال جزء لا يُذكَر من الثانية.

المعلومات التي تتدفّق باستمرار من مسبار WMAP، ومن الدراسات الأخرى عن إشعاع الخلفيّة الكونيّة الميكرويّ، كلّها تدعم نظريّة التضخّم. يقول غوث إنّه الآن واثق من تلك النظريّة تماماً مثلما كان عام 1981: «أعتقد أنّ ما نراه اليوم يبيّن لنا بكلّ تأكيد أنّ التضخّم -أو شيئاً ما شبيهاً به- صحيح، ويشرح لنا كيف أصبح الكون هكذا».

لم تنته القصّة هنا! وضع علماء الكوزمولوجيا سيناريوهات أخرى تتحدّى نظريّة التضخّم، ستتعرف عليها قريباً. بين أيدينا صورة عن أصل الكون، تتطوّر باستمرار مع ظهور تلسكوباتٍ أكبر، ونظريّاتٍ أعقد، تتغلغل في الكون إلى أعماق أبعد ممّا نصله اليوم. جيلنا ليس أوّل جيل يعتقد أنّه حزر كيف بدأ الكون أو خمّن عمره الدقيق، فكما يذكّرنا مارتن غورست، آشر ليس الوحيد الذي توصّل إلى استجابة خاطئة: «العديد من أعظم المفكّرين في مجال العلوم كانوا عمياناً مثله بالضبط، محاصَرين بقناعاتهم الشخصيّة، أو بالافتراضات السائدة في عصرهم». نيوتن مثلاً، فشل في أخذ فكرة الأرض المغرقة في القِدم على محمل الجدّ، وآينشتاين تردّد أمام فكرة تمدّد الكون... حتّى العباقرة يضلّون أيضاً!

في العصور الوسطى، تخيّل الناس مقياساً زمنيّاً قصيراً للغاية لعمر الكون، يتماشى مع وجهة النظر السائدة آنذاك بأنّ الكون خُلِقَ من أجلنا، وهي وجهة نظر استمرّت حتّى بدايات الحقبة الحديثة. المسار الزمنيّ الأطول الذي كشفت عنه الجيولوجيا ومن ثمّ الكوزمولوجيا، دفعنا صوب التواضع، وبدا الإنسان كأنّه يلعب دوراً هامشيّاً في العلاقات الكونيّة على حدّ تعبير تيموثي فيريس: «كلّما أصبح الكون أضخم، أصبح من السخافة أن نتشبّث بفكرة أنّه خُلِق من أجلنا نحن». موقعنا أيضاً ليس مميّزاً، نحن نعيش على كوكب صخريّ نموذجيّ، يدور حول نجم متوسّط أصفر، يتوضّع على طرف إحدى الأذرع الحلزونيّة لمجرّة عاديّة للغاية، ندعوها بدرب التبّانة. مع ذلك، من موقعنا هذا، تعلّمنا كيف نراقب الكون الأكبر، وكيف نحصل للمرّة الأولى على معلومات -معلومات حقيقيّة من التلسكوبات الموجودة على الأرض وفي الفضاء- كشفت لنا بجلاء عن بُنية كوننا وعن تاريخه.

في هذا السياق، الكوزمولوجيا الكونيّة ليست مجرّد «قصّة خلق أخرى» كما يقترح بعض أكاديميّي ما -بعد- الحداثة، لا شكّ أنّ هناك الكثير من التفاصيل الأخرى التي ما تزال بحاجة إلى المزيد من العمل، لكنّنا نستطيع أن نثق عموماً بنموذج البغ بانغ للكون الذي يتطوّر.

الكون كما نعرفه -والزمن كما نعرفه- بدأ قبل 13.7 مليار سنة خلتْ.

* * *

ما قبلَ البغ بانغ

حدودُ الفيزياء، وأصلُ سهمِ الزمن

- صورتنا عن الواقع الفيزيائيّ، خاصّة من حيث علاقته بطبيعة الزمن، هي على موعد مع ثورة عظيمة، لربّما أعظم من تلك التي سبّبتها النسبيّةُ والميكانيك الكموميّ حاليّاً.

• روجر بنْروز «عقلُ الإمبراطور الجديد»

تُعدّ نظريّةُ البغ بانغ انتصاراً من أعظم انتصارات العلم في القرن العشرين. نُسخَتُها الأحدث، وهي نظريّة التضخّم الكونيّ Cosmic Inflation، تسمح لنا بفهم فترة تبدأ بعد البغ بانغ بجزء من مليار تريليون تريليون جزء من الثانية (أي باستخدام لغة العِلم توخّياً للدقّة: 10^{-33} بعد ولادة الكون الذي نعيش فيه). في مفارقة تدعو إلى السخرية، هذا النموذج يقرّبنا كثيراً من بداية الكون لكنّ القصّة ما تزال ناقصة، وهذا مُحبِط! السؤال الأهمّ الذي نرغب بالعثور على إجابته ليس ما حدث خلال كِسرة من الثانية بعد البغ بانغ، وإنّما بالأحرى: هل نستطيع أن نُرجِع الساعة إلى الخلف وصولاً إلى «الزمن صِفر»؟!

كيف بدأ الزمن؟ ماذا حدث قبل البغ بانغ؟ هل هناك معنى أصلاً للسؤال الأخير؟ علماء الفيزياء والكوزمولوجيا معتادون على سماع هذين السؤالين، ففي نهاية أيّ محاضرة من المحاضرات العديدة التي تُقدَّم للجمهور عن

علم الفلك، لا بدّ أن يمسك أحد الحضور الميكروفون، ويشكر المحاضِرَ على حديثه القيّم، من ثمّ يسأله: «إذن، ماذا حصل قبل ذلك؟!».

لسنوات طوال، ظلّ العلم عاجزاً عن إعطاء جواب. قيل إنّ الفيزيائيّين وعلماء الكوزمولوجيا قادرون على استقصاء ما حدث بعد البغ بانغ، لكنّهم عاجزون تماماً عن استقصاء أصلِ الكون، ومن الأفضل ترك هذه المسألة للفلاسفة أو للدين. في المقابل، يجادل العديد من علماء الفيزياء أنّ البغ بانغ يحدّد بداية الزمن، لذلك وبكلّ بساطة، لا يوجد «زمنٌ» قبل البغ بانغ، والسؤال عمّا حدث «قبله» عديم المعنى، تماماً كأن نسأل ماذا يوجد إلى الشمال من القطب الشماليّ!

السعي لفهم اللحظة الأولى من عمر الكون يتمّ على عدّة محاور. أوّلاً، أدواتنا النظريّة قاصرة، الجاذبيّة هي القوّة التي تتحكّم بتمدّد الكون، ونحن نفهمها جيّداً بفضل نظريّة آينشتاين في النسبيّة العامّة، لكنّها لا تكفي بمفردها لسبر أغوار اللحظات الأولى من عمر الكون. معادلات النسبيّة العامّة تخبرنا أنّه في لحظة البغ بانغ، كلّ ما في الكون كان محشوراً بعضه مع بعض، والكون بحدّ ذاته كان مضغوطاً في نقطة وحيدة، تُسمّى بمصطلحات الفيزياء الرياضيّة بـ: «نقطة تَفَرُّد» singularity. علماء الفيزياء يرحّبون بنقاط التفرّد، بقدر ما يرحّب المرء بالطاعون! أيّ نظريّة تصف العالَم الحقيقيّ لا يجب أن تحتوي على عقدة رياضيّة كما يجادلون، لذلك يتشكّكون دائماً بأيّ نموذج يتنبّأ بوجود نقاط تفرّد. في نهاية المطاف، نحن بحاجة إلى نظريّة النسبيّة العامّة إضافةً إلى النظريّة الكموميّة (أي نظريّة الأبعاد المتناهية في الصغر). إن توحّدت هاتان النظريّتان معاً في نموذج «الجاذبيّة الكموميّة» التي طال البحث عنها، ربّما تختفي «اللّانهائيّة» من المعادلة، ونجد أمامنا صورةً متجانسة عن بدايات الزمن.

اقترح كلّ من ستيفن هوكنج والفيزيّائيّ جيمس هارتل استخدامَ النظريّة الكموميّة، بهدف إدغام الزمان والمكان معاً على المستوى الفائق الصِغر «microscopic» في لحظة حدوث البغ بانغ. هذا الطرح الذي يُعرف باقتراح

«غياب الحدّ[1]»، يلغي مشكلة نقطة التفرّد من خلال «مدِّ أصلِ الزمن» (يستعرض هوكنج الخطوط العامّة لطرحه هذا في كتابه «تاريخ موجز للزمن» لمن يرغبون بالتوسّع في الموضوع). في هذا النموذج، لا يمتدّ الزمن في الماضي إلى ما لا نهاية، وليس له بداية قطعيّة، فهو لا يبدأ فجأة بـ «بالضغط على زرّ»، بل ينبثق تدريجيّاً بالأحرى من الفضاء. اقتراحُ غياب الحدّ ما يزال مجرّد اقتراح، لأنّ نظريّة الجاذبيّة الكموميّة المتكاملة التي تحظى بقبول الجميع غير موجودة بعد. النظريّة التي تتصدّر قائمة الحلول هي نظريّة الأوتار String theory، وهي محاولة طموح لتوحيد الجاذبيّة مع بقيّة قوى الطبيعة[2]. في الصورة التي ترسمها للكون، «الأجزاء» الأساسيّة للمادّة ليست جسيماتٍ، وإنّما أوتارٌ أشبه بحلقات صغيرة، وبما أنّ حجم الأوتار محدود finite، لذلك نتجنّب مشكلة الانضغاط إلى ما لا نهاية – أي نقاط التفرّد المزعجة تلك– فضلاً عن أنّ النظريّة تقدّم ما يشبه وصفاً كموميّاً للجاذبيّة. مع ذلك، نظريّة الأوتار تعطي الفيزيائيّين أكثر ممّا طلبوه في الحقيقة، لأنّها تعتبر العالَم الذي نعيش فيه مؤلّفاً من عشرة أبعاد أو أحد عشر بُعداً، لا من ثلاثة (ثلاثة أبعاد للمكان، وواحد للزمان في الواقع). تبدو فكرة الأبعاد الإضافيّة غريبة في البداية، لكنّ نظريّة الأوتار تتعامل معها بجديّة فائقة. أحدث فكرة عن الدور الذي تلعبه تلك الأبعاد في الكون، تنبثق عن نسخة أحدث من نظريّة الأوتار تُعرَف باسم نظريّة الأغشية membrane theory، أو النظريّة M اختصاراً، وتنصّ على أنّ الكون يتألّف من أوتار ذات بُعد واحد، بالإضافة إلى أغشية لها بُعدان أو أكثر.

1- The no–boundary proposal: يقترح العالِمان فيها أنّ شكل الكون البدئيّ يشبه الريشة في لعبة ريشة المضرب. قطر ريشة المضرب يساوي الصفر في أخفض نقطة من قاعها ثمّ تتسع تدريجياً باتّجاه الحواف، كذلك يتمدّد الكون بسلاسة من نقطة حجمها صفر. طوّر العالِمان معادلة تصف هذا الكون الذي يشبه ريشة المضرب، بحيث تشمل الماضي والحاضر والمستقبل في آن واحد، وتقلّل من أهميّة الحاجة إلى وجود خلْق أو خالق أو انتقال من زمن سابق. المترجمة

2- تجدون نظرة مفصّلة عن نظريّة الأوتار في الفصل السابع من كتابي الأوّل «الكون على تيشرت». فالك

الكونُ على غشاء

لن نخوض بالتفصيل في نظرية الأغشية، لكن من الجدير بالذكر أنّ علماء الفيزياء في السنوات الماضية، بدأوا بتطوير نماذج للكون اعتماداً على أطر مميّزة تقترحها تلك النظريّة. في بعض تلك السيناريوهات مثلاً، الكون -أي كلّ ما نستطيع رؤيته من خلال أضخم تلسكوباتنا- قد يكون مجرّد «شريحة» ثلاثيّة الأبعاد من بُنية ذات أبعاد فائقة، أي بمصطلحات نظريّة الأغشية، نحن نعيش على «غشاء» (فكّروا بظلّكم للمقارنة: عندما تنظرون إلى ظلّكم على الأرض في يوم مشمس، هذا الظلّ هو شريحة ثنائيّة الأبعاد تمثّل جسدكم الثلاثيّ الأبعاد). تقدّم نماذجُ العالَم الغشائيّ لنا أوصافاً جديدة صادمة: في بعض السيناريوهات، كلّ الكون المرئيّ هو مجرّد غشاء ثلاثيّ الأبعاد يدعى 3-Brane، موجود ضمن بنية أكبر هي الفضاء الفائق Bulk، وهذه البنية الأكبر يجب أن تتألّف من أربعة أبعاد مكانيّة على الأقلّ، بالإضافة إلى بعد زمنيّ كما جرت العادة. الجزء الهامّ في هذه النماذج الغشائيّة، هو عدم وجود سبب يدعونا إلى الاعتقاد بأنّ الكون الذي نعيش فيه فريد من نوعه، يمكن أن يكون هناك عدد غير محدّد من الأكوان الموازية -أي الأغشية الموازية- تتوضّع مع الكون الخاصّ بنا جنباً إلى جنب، ضمن الفضاء الفائق bulk الرباعيّ الأبعاد.

ستيفن هوكنج الذي شكّك بنظريّة العالَم الغشائيّ في البداية، أصبح من مؤيّديها لاحقاً، فقد قال في أحد المؤتمرات في ديڤيس: «لا بدّ لي من الاعتراف بأنّني عارضتُ فكرة الأبعاد الإضافيّة، لكنّ أجزاء النظرية M يترابط بعضها مع بعض بطريقة جميلة للغاية، كما أنّ لها نتائج عديدة غير متوقّعة، لذلك أشعر أن تجاهلها أشبه بالادّعاء أنّ الله وضع الأحفوريّات في الصخور فقط كي يحتال على دارون، ويجعله يؤمن بالتطوّر».

بول شتاينهارت من جامعة برينستون هو أحد روّاد كوزمولوجيا العالَم الغشائيّ، وكان من أوائل الذين عملوا على نظريّة التضخّم الكونيّ، لكنّه يركّز معظم جهوده في الآونة الأخيرة على استكشاف نماذج الأكوان التي تطرحها نظريّة الأغشية. أحد النماذج التي طوّرها -بالتعاون مع نيل توروك الذي يعمل في معهد بريمتر الآن، وزملاء آخرين- يطرح رؤية جديدة تماماً

للبغ بانغ. في الحقيقة، هناك نسختان من هذه الفكرة تُعرفان باسم النموذج الدوريّ cyclic، والنموذج الكبريوسيّ ekpyrotic، وكلتاهما تصفان البغ بانغ كاصطدام بين غشاءين. الاختلاف الأبرز ما بينهما هو أنّ النموذج الدوريّ يقترح أن التصادم قد يحدث مرّات ومرّات، ممّا ينتج عنه أكثر من بغ بانغ واحد، وبالتالي سلسلة لا نهائيّة من الأكوان.

بعد أن أمضيتُ نهاراً حافلاً في مؤتمر ديڤيس، جلستُ مع شتاينهارت في غرفته في الفندق، كي يساعدني على تصوّر نماذجه الكونيّة الجديدة. «عليك أن تتخيّل وجود قوّة ما بين عالَمين ثلاثيّي الأبعاد، تحاول أن تشدّ أحدهما صوب الآخر، وكأنّهما غشاءان مطّاطيّان يشدّهما نابضٌ» قال لي، «سيتقارب الغشاءان بفواصل منتظمة، يصطدمان، يولّدان كميّة من الحرارة -سنعتبرها بمنزلة إشعاعٍ ضوئيّ ومادّةٍ- من ثمّ يرتدّان ويفترقان». بعبارة أخرى، لو أنّنا موجودون على أحد هذين الغشاءين، سيتولّد لدينا انطباع بأنّ انفجاراً هائلاً للطاقة حدث في ماضينا، وهو ما نتصوّره في الحقيقة كبغ بانغ. في النسخة الدوريّة، الارتداد هو نهايةٌ وبدايةٌ في آن واحد، نهايةٌ لأحد الأكوان، وبدايةٌ لكون آخر عندما يدخل طوراً جديداً من التمدّد وانخفاض الحرارة. أضاف شتاينهارت: «لقد بدأنا الآن دورة جديدة. الكون مليء بالمادّة الساخنة وبالإشعاع، وتتشكّل فيه نجوم جديدة ومجرّات جديدة وكواكب جديدة، وربّما حياة جديدة أيضاً... وتستمرّ الدورة».

عندما حاولتُ أن أستوعب تلك «الأغشية»، ذكّرتُ نفسي أنّ طرح شتاينهارت هو مجرّد تخمين أكاديميّ، أكثر من كونه نظريّة يمكن إثباتها بالتجربة -على الأقلّ في الوقت الراهن- لكنّ النموذج الدوريّ سيفرض نقطة هامّة حول كلّ من الزمن والمكان إن ثبتت صحّتُه، لأنّ النظريّة «تثير من جديد السؤال الأساسيّ، حول ما إذا كانت هناك بداية للزمن في لحظة البغ بانغ» كما يقول شتاينهارت، «أو أنّ البغ بانغ هو في الحقيقة، مجرّد انتقال إلى حقبة أبكر من التطوّر».

كوزمولوجيا العالَم الغشائيّ التي يطرحها شتاينهارت، ليست أوّل محاولة للوصول أبعدَ من البغ بانغ. نظريّة آلان غوث عن التضخّم الكونيّ تطوّرت

بدورها إلى نسخة أكثر إثارة -تُدعى أحياناً بـ: التضخّم الأبديّ- تحاول أن تصف كوناً أكبر، وتفترض أنّ عمليّة التضخّم سبّبتْ ظهور أكثر من كون واحد. من أبرز مؤيّديها العالِمُ أندريه ليند، وهو عالم فيزياء روسيّ المولد، يعمل اليوم في جامعة ستانفورد. برأيه، تلك الفترة من النموّ والتضخّم أدّت إلى ظهور عدد كبير -قد يكون لا نهائيّاً- من الأكوان المنفصلة، بغضّ النظر عمّا سبّبها، والكون ككلّ قد يكون خالداً. غوث معجبٌ على ما يبدو بالنسخة «الأكبر» عن نظريّة التضخّم، وهو يعترف أنّ «تصوّر البغ بانغ بمنزلة بداية للزمن، هو تبسيط مفرط».

ما قبل البداية

التصوّرات السابقة عن أصل الكون مجرّد فرضيّات، لكنّها تستحقّ الإعجاب، لأنّها تحاول على الأقلّ أن تستقصي أغوار الفيزياء في الكون الباكر ما قبل البغ بانغ، كما أنّها تتحدّى الخيال كما يفعل العلِم عادة. في الحقيقة، أيّ نظريّة عن نشوء الكون ستطرح بالضرورة تحدّياً، نحن نبذل جهدنا عبثاً كي نتخيّل زمناً يمتدّ في الماضي إلى اللّانهاية، فما بالكم بتصوّر بداية للزمن؟!

جزء من المشكلة ناجم عن أنّ حدسنا يملي علينا وجود سبب لكلّ حدث، أي أنّ كلّ ما يحدث ينتج عن حدث أبكر منه يسبّبه. مع ذلك، يبيّن لنا الميكانيك الكموميّ أنّ بعض الأحداث -مثل التفكّك الإشعاعيّ للذرّات- يحدث فحسب. بالطريقة نفسها، لربّما انبثق الكون (وكذلك الزمان والمكان) إلى الوجود من العدم، وعلى حدّ قول الفيزيائيّ إدوارد تيرون: «الكون هو ببساطة، واحد من تلك الأمور التي تحدث بين وقت وآخر». إن صحّ هذا، سيكون أوغسطين إذن على صواب بإعلانه أنّ الله خلق الزمن والعالَم معاً في آن واحد، وألّا وجود للزمن قبل ذلك.

سيأخذنا حدسنا بعيداً لو تأمّلنا أصل الزمن. نحن معتادون على التعامل مع المكان بمقياس الأمتار والكيلومترات، ومعتادون على التعامل مع الزمن بمقياس الثواني والأيّام والسنوات. وفقاً لهذه المقاييس البشريّة، ينتهج

الزمن نهجاً حسناً، إذ تبدو معاني الكلمات مثل «قبل» و«بعد» واضحة تماماً، ويبدو الزمان -مثل المكان- سلساً ومنتظماً إلى حدّ بعيد، ممّا يجعلنا نتعاطف مع ادّعاء نيوتن بأنّ «الزمن يجري بانتظام». من ناحية أخرى، برهن آينشتاين أنّ الزمن قد يتصرّف بطريقة غريبة ضمن ظروف معيّنة، أضف إلى ذلك عالَم النظريّة الكموميّة الغامض... لم يبق أمامنا إلّا التخمين إلى أين ستقودنا الفيزياء!

تطمح الفيزياء إلى إيجاد نظريّة موحّدة، تصل يوماً ما إلى أبعد ممّا وصلته النظريّة النسبيّة والنظريّة الكموميّة كلاهما، وعندما يحصل ذلك، قد يصبح الزمن جزءاً من تلك النظريّة. على حدّ قول العالِمة ليزا راندل، نحن نجد «دلائل مثيرة عن انهيار المكان في الأبعاد الصغيرة، وعن انهيار الزمن في نقاط التفرّد»، وهذه الانهيارات الواضحة تخبرنا أنّ «الزمان والمكان من حيث المبدأ مختلفان عمّا نعتقده». في الواقع، الرأي السائد بين العديد من علماء الفيزياء اليوم، هو أنّ الزمان والمكان انبثقا من شيء ما -لا أحد قادر على تحديده بعد- في لحظة البغ بانغ.

صنعُ الزمنِ من «لا شيء» إطلاقاً

اليوم، يعتنق العديد من ألمع الباحثين الشباب فكرةَ «الزمن المنبثق»، ومن بينهم نيما - أركاني حامد، وهو فيزيائيّ تخلّى مؤخّراً عن وظيفته في هارڤارد، كي ينضمّ إلى أعضاء معهد الدراسات المتقدّمة في برينستون، نيوجيرسي. «لا نعرف ماذا حصل عند البغ بانغ»، يعترف، «نحن متأكّدون من أمر واحد فقط، وهو أنّ فكرة الزمان والمكان بمجملها تنهار في البغ بانغ، لذلك قد لا يكون هناك معنى على الإطلاق للتساؤل حول ماذا وُجِدَ قبل البغ بانغ». من الواضح أنّ هناك مسألة هامّة نجهلها كما يقول، وهي تتضمّن بلا شكّ فكرة الزمن المنبثق. بعبارة أخرى: الزمن ليس مكوِّناً أساسيّاً من مكوِّنات الكون الذي نعيش فيه. «رطوبة» الماء تنبثق من الخواصّ الإجماليّة لمليارات الجزيئات التي ينزلق بعضها إلى جوار بعض، الزمن قد ينبثق بالمثل من «شيء ما» جوهريّ، بغضّ النظر عن ماهيّته.

«كيف» ينبثق الزمن بالضبط، هو سؤال ما يزال قيد النقاش. الفيزياء تتعامل مع الزمن بطرقٍ مختلفة، فقد نبدأ بالنسبيّة العامّة أوّلاً من ثمّ نضيف النظريّة الكموميّة، أو على العكس، نبدأ بالنظريّة الكموميّة وبعدها نضيف النسبيّة العامّة. نظريّة الأوتار تعتمد على المقاربة الأخيرة، ويتوجّب على الفيزيائيّين عادة «إدخال» الزمان والمكان إليها، لكنّهم يرغبون باستنباط نسخة «مستقلّة عن الخلفيّة»، قادرة أن تشرح لنا انبثاقَ الزمان والمكان، بالاعتماد على الأوتار المهتزّة، أو الأغشية التي تتوضّع في صميم النظريّة.

ديڤيد غروس، وهو فيزيائيّ مختصّ بالجسيمات ونظريّة الأوتار، في جامعة كاليفورنيا في سانتافيه، يعتقد أنّنا يجب أن نعتاد ببساطة على فكرة انبثاق الزمن. غروس، الذي حصل على جائزة نوبل مناصفة مع عالم آخر عام 2004، عن عمله حول الكواركات quarks والقوى النوويّة القويّة strong nuclear forces، يعتقد أنّ السعي إلى النظريّة الموحَّدة يقودنا إلى صورة لن يبقى الزمن فيها جوهريّاً، «الزمن –مثل المكان– متغلغل بعمق إلى طريقة تفكيرنا في الفيزياء» قال لي مؤخّراً، «لكنّ العديد من الأمثلة علّمتنا أنّ المكان هو نوع من المفاهيم المنبثقة، وهناك نطاقات في نظريّة الأوتار تُصاغ مبادئها كأفضل ما يكون عند إلغاء المكان منها. ليس بحوزتنا أمثلة مشابهة عن الزمن، لكن بما أنّ الزمان والمكان مترابطان بقوّة في طريقة تفكيرنا، من الصعب أن نتخيّل أنّ الزمان ليس مفهوماً منبثقاً إن كان المكان كذلك». هذا الأمر سيغيّر طريقتنا في تصوّر بداية الكون والعديدَ من الأفكار الأخرى، فكما يضيف غروس: «فكرة زمنٍ يجري منذ البداية وحتّى هذه اللحظة هي مجرّد فكرة تقريبيّة، ربّما تكون فكرة تقريبيّة جيّدة جدّاً لوصف تطوّر الكون بعد لحظات قليلة من نشوئه، لكن ليس قبل ذلك».

عندما ألححتُ عليه بالسؤال حول عمّا وُجِدَ قبل البغ بانغ، أجابني: «تخطر لي ثلاثة احتمالات فقط! الأوّل، انبثق الكون من اللّاشيء استناداً إلى الميكانيك الكموميّ. الثاني، كان هناك شيء ما قبل البغ بانغ. الثالث، أن تغيّر سؤالكَ، وهو الاحتمال الذي أفضّله!». بعبارة أخرى، الزمن هو «مفهوم منبثق ليس له معنى إطلاقاً تحت تلك الشروط، لذلك تلك هي الاحتمالات الثلاثة الوحيدة بالنسبة لي... لكن من يدري؟!».

من الطبيعيّ بالنسبة لعلماء الفيزياء النظريّة، أن يطبّقوا كلّ الأفكار ما بعد - الحداثيّة على حدود الفيزياء، بدءاً من نظريّة الأوتار وصولاً إلى كوزمولوجيا العالَم الغشائيّ، وكثير غيرها. مع ذلك، هذه التأمّلات تنساق بعيداً بسبب غياب التجارب العمليّة التي ترسّخها. عدم قدرتنا على تكرار التجربة هو وجه يبعث على الإحباط من وجوه الكوزمولوجيا: نحن متأكّدون أنّ البغ بانغ حدث مرّة واحدة على الأقلّ، وعلينا الاكتفاء بهذا. لا يستطيع العلماء أن يخلقوا البغ بانغ من جديد، لكنّهم علّقوا آمالهم على أفضل خيار بديل متاح: مُسرِّعُ الجسيماتِ الخطيُّ الجديد العملاق بالقرب من جنيف في سويسرا، حيث يحاولون محاكاة الظروف التي سادت في اللحظات الباكرة من عمر الكون، من حيث الحرارة الهائلة والطاقة العالية. المشروع الذي كلّف عشرة مليارات دولار يُسمّى «مصادم الهادرونات الكبير» Large hadron collider أو LHC اختصاراً، الذي انتهت مراحل بنائه النهائيّة وأنا أرسل هذا الكتاب إلى المطبعة.

هناك الكثير على المحكّ في LHC! تجاربه قد تكشف لنا مثلاً أنّ القوى التي نراها اليوم كانت متّحدة في الماضي، وربّما تكشف عن خواصّ غريبة للمادّة مثل التناظر الفائق Super symmetry، وعن خفايا المادّة السوداء التي تشكّل معظم الكون، وعن الأبعاد الإضافيّة خارج إطار الفضاء الثلاثيّ الأبعاد الذي اعتدنا عليه... تلك الأدلّة ستثبت أنّ نظريّة الأوتار ليست مجرّد شطحات خياليّة! من ثمّ، هناك مسألة بوزون هيغز Higgs boson، الجسيم الذي يُعتَقد أنّه مسؤول عن إعطاء الجسيماتِ الأخرى كتلتها (يُعتَقد أنّه يولّد حقلاً أشبه بالحقل الكهرطيسيّ، وهذا الحقل بدوره يجعل بقيّة الجسيمات تبدو ثقيلة). العديد من العلماء واثقون أنّ LHC سيكشف عن بوزون هيغز، الذي يصفونه مازحين بـ «الجزيءِ الربّ».

سيستغرق الأمر شهوراً، بل سنوات، بلا شكّ لفحص جميع المعلومات التي ستتراكم لدينا بعد أن ينتهي بناء المسارِع ويبدأ بالعمل، لكنّ معظم العلماء متّفقون أنّه سيزوّدنا أخيراً بأجوبة عن أهمّ المشاكل في الفيزياء، وقد يلقي الضوء أيضاً على المسألة الأصعب التي تتمثّل بانبثاق الزمان والمكان. «سيكون لدينا ما نقوله بحلول عام 2010»، كما أكّد لي آركاني حامد.

زيارة ثانية إلى سهم الزمن

لا يتصارع الفيزيائيّون مع معضلة «كيف بدأ الزمن» فحسب، بل مع مسألة أخرى لا تقلّ عنها صعوبة وهي «كيف أصبح للزمن اتّجاه».

سبق أن ألقينا نظرة على «سهم الزمن»، وعلى علاقته مع الإنتروبيا ومع القانون الثاني في الترموديناميك، لكنّ القانون الثاني لا يقدّم لنا إلّا شرحاً جزئيّاً فقط عن جريان الزمن المراوغ. سهم الزمن الترموديناميكيّ يتّجه من النظام إلى الفوضى، ومن الإنتروبيا المنخفضة إلى الإنتروبيا العالية، ومن فناجين الشاي السليمة إلى الخزف الصينيّ المكسور، لكنّ سهم الزمن له أوجه أخرى. في الحقيقة، اكتشف العلماء وجود ستّة أنماط مختلفة على الأقلّ من أسهم الزمن، قد تكون مترابطة فيما بينها. هذه الأسهم هي كالتالي:

1- سهمُ الزمنِ الترموديناميكيُّ

ينصّ القانون الثاني في الترموديناميك، على أنّ مقدار عدم الانتظام في منظومة مغلقة يجب أن يتزايد مع الزمن. من الأمثلة النموذجيّة على هذا السهم: انكسار بيضة، مزجُ القهوةِ مع الكريمة، ذوبان قطعة جليد... إلخ. يمكننا أن نبرهن على صحّة مبدأ هذا السهم، من خلال مراقبة أي عمليّة معقّدة في الطبيعة.

2- سهمُ الزمن الموجيُّ

تخيّلوا أنّنا نرمي حجراً في بركة. سيخلق هذا الحدث أمواجاً دائريّة على سطح الماء، تتحرّك مبتعدة عن نقطة التأثير، بشكل دوائر تزداد اتّساعاً. بالطبع، نحن لا نرى العمليّة المعاكسة: لا نرى اضطرابات خفيفة عند حوافّ البركة يتقدّم بعضها تدريجيّاً صوب بعضها الآخر، وهي تكتسب قوّة وسرعة، إلى أن تتلاقى في منتصف البركة، من ثمّ تقوم بقذف حجر من الأعماق إلى السطح. في الحقيقة، المعادلات الرياضيّة التي تصف هذا الحدث صحيحة في كلتا الحالتين: الوصف الرياضيّ الذي نستعمله لتحليل الأمواج، لا يفرض اتّجاهاً معيّناً مُفضَّلاً لحركتها.

لا تنفرد الأمواج المائيّة بهذه الخاصّة، معادلات ماكسويل تصف

انتقال الأمواج الكهرطيسيّة، لكنّها لا تخبرنا بأيّ اتّجاه تتحرّك (مثلاً، ستكون معادلاته صحيحة تماماً إن استعملناها لوصف أمواج ضوئيّة تأتي من أعماق الفضاء، وتتركّز عند مصباح يدويّ يحمله شخص ما مثلاً). في الفيزياء، تتقدّم الأمواجُ بشكل طبيعيّ في الزمن نحو الأمام، ممّا يولّد «أمواجاً متأخّرة» (بمعنى أنّها تصل لاحقاً)، بينما يولّد السيناريو العكسيّ «أمواجاً متقدّمة» (أي أنّها ستصل أبكر، إن وُجِدتْ). «الأمواج المتقدّمة» مسموح بها في الرياضيّات، لكنّها لا تظهر في الطبيعة. كما في السهم الترموديناميكيّ، تلعب الاحتمالات دوراً: احتمال ظهور أمواج تبدأ عند حافّة البركة، وتتلاقى معاً في مركزها، هو ضئيل للغاية. في الواقع، هذا النوع من الأمواج سيسبّب تناقصاً في إنتروبيا المنظومة (تماماً كما ستفعل موجة كهرطيسيّة متقدّمة). نتيجة لهذا الترابط، يعتقد بعض الفيزيائيّين أنّ بإمكانهم تفسير السهم الموجيّ من خلال السهم الترموديناميكيّ.

3- سهمُ الزمنِ الكموميُّ

في الفصل السابع، قدّم لنا الميكانيك الكموميّ سهماً زمنياً مختلفاً. عندما نراقب منظومة كموميّة، يُقال إنّ «الدالّة الموجيّة[1]» للمنظومة تنهار من حالة تراكب superposition، إلى حالة واحدة. هذا الانهيار غير عكوس، ممّا يقترح صلة مع اتّجاه الزمن. من غير الواضح كيف يرتبط السهم الكموميّ مع بقيّة الأسهم، يفترض بعض العلماء صلة بينه وبين السهم الترموديناميكيّ.

4- سهمُ زمنِ الكايون

كلّ العمليّات التي نعرفها على المستوى ما تحت - الذريّ، عَكوس من حيث المبدأ: التوصيف الرياضيّ لسلوك الجسيمات التي تتضمّنها أيّ عمليّة، يشير إلى أنّها يمكن أن تتمّ ضمن اتّجاهي الزمن كليهما، دون وجود أفضليّة

1- the wave function: تقوم بتحديد احتمال وجود الجسيم في أي نقطة من الفراغ يمكن له التواجد فيها، وهي أداة لوصف الجسيمات وحركتها وتأثرها مع جسيمات أخرى مثل الذرة أو نواة الذرة. حسب النظريّة الكموميّة، بالنسبة للإلكترون مثلاً لا يمكننا أن نعرف موقعه بالضبط حول النواة وإنّما نستعمل الدالة الموجية لتدل على احتمال وجوده في عدّة مواقع في آن واحد، وهو ما يدعى بالتراكب، وعندما نقيس موقعه بدقّة «تنهار» الدالة من مجموعة احتمالات (مواقع) لتدلّ على موقع وحيد. المترجمة

لأحدهما على الآخر. هناك استثناء واحد غريب: جسيم يُدعى بـ «الميزون K المُعتَدِل» neutral K– meson، أو الكايون Kaon (هناك نسخ مشحونة سلباً وأخرى مشحونة إيجاباً من هذا الجسيم). الكايون المعتدل غير مستقرّ، ويتفكّك بسرعة إلى جسيم تحت – ذريّ مشابه، هو البيون pion.

تتحكّم القوى النوويّة الضعيفة بعمليّة التفكّك التي يمكن أن تتمّ بالاتجاهين، إذ يمكن لعلماء الفيزياء أن يصادموا البيونات بعضها ببعض لخلق الكايون، لكن هناك فرق: التفاعل اللّازم لتوليد الكايون يستغرق جزءاً من تريليون تريليون جزء من الثانية (10^{-24} ثانية)، أمّا تفاعل تفكّك الكايون إلى بيونات فهو أطول ويستغرق حوالي نانو ثانية (10^{-9} ثانية). لماذا يكون تفكّك الكايون أطول بألف تريليون مرّة من تشكّله؟! يشبّه بول ديڤيس هذا بـ: «رمي كرة في الهواء، واكتشاف أنّها تستغرق مليون سنة كي تسقط!». مَيلُ الكايون إلى اللعب وفق قواعده الخاصّة محيّر للغاية، ولا علاقة بين سهم زمن الكايون هذا (يُشار إليه أحياناً بسهم التفاعل الضعيف)، وبين بقيّة أسهم الزمن، كما أنّ أهميّته هي محطّ خلاف بين العلماء، برايان غرين مثلاً قال إنّ سلوك الكايون ليس مهمّاً كثيراً بالنسبة لسهم الزمن.

5- سهمُ الزمن الكونيُّ

ما يزال الكون بحالة تمدّد مستمرّ منذ لحظة البغ بانغ قبل 14 مليار سنة. يجادل بعض الفيزيائيّين أنّ هذا الأمرَ يحدّد «سهمَ الزمن الكونيّ»، الذي يتّجه أحد طرفيه إلى ماضينا الساخن الكثيف، والطرف الثاني إلى مستقبلنا الأبرد، والأقلّ كثافة.

كما رأينا، يشتبه الفيزيائيّون بوجود صلة بين سهم الزمن الكونيّ، وبين نظيره الترموديناميكيّ. كلاهما ينتجان على ما يبدو من الشروط الغريبة التي كانت سائدة في الكون الباكر، والتي سنتطرّق إليها بالتفصيل بعد قليل.

6- سهمُ الزمنِ السيكولوجيُّ

أخيراً، هناك سهم أخير تقترحه تجربتُنا المباشرة، اعتماداً على إدراكنا للعالَم: نحن نتذكّر الماضي لا المستقبل، ونختبر –أو نبدو كأنّنا نختبر– مرورَ الزمن باتّجاه فريد.

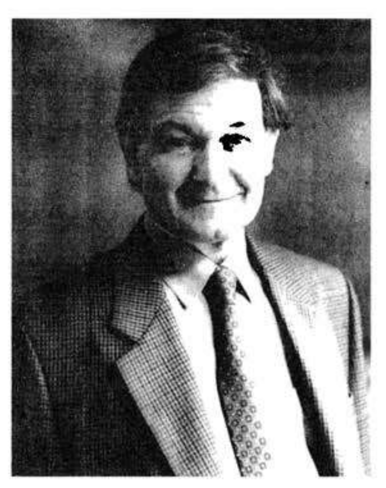
عندما نفكّر بالدماغ على أنّه منظومة تعالج المعلومات -مجموعة ترابطات بين مليارات العصبونات التي يتألّف منها الدماغ- سنفكّر بصلة بين هذا السهم ونظيره الترموديناميكيّ، وهي فكرة أيّدها ستيفن هوكنج ذات مرّة.

أمضى الفيزيائيّون (والفلاسفة كذلك) سنوات، وهم يتصارعون مع التساؤل حول الطريقة التي يمكن فيها لهذه الأسهم غير المترابطة أن تترابط معاً. الشخص الذي تعمّق أكثر من غيره بدراسة تلك المسألة، هو عالِم الفيزياء الرياضيّة في جامعة أوكسفورد روجر بنْروز، الذي وصفته مجلّة ديسكڤر Discover مؤخّراً بـ «عالم استثنائيّ متعدّد المواهب». بنى بنروز شهرته أوّلاً من خلال عمله في مجال الثقوب السوداء، فقد أثبت بالتعاون مع ستيفن هوكنج في حقبة 1960، أنّ انهيار نجمٍ ضخمٍ ضخامة هائلة سيؤدّي حتماً إلى تشكيل نقطة تفرّد singularity، ويجب أن تكون نقطة التفرّد تلك محاطة بأفق الحدث event horizon (المنطقة المحيطة بالثقب الأسود، التي لا يمكن لأي شيء أن يفلت من قبضتها). صاغ بنروز كذلك نظريّة جديدة عن الزمان-المكانيّ تُعرَف بـ «نظريّة الإعصار» twistor theory، تقترح أنّ الزمان والمكان «مُكَمَّمان» quantized بالأحرى وليسا مستمرّين، أي أنّهما مؤلّفان من قطع منفصلة يمكن وصفها باستخدام الأعداد التَخَيُّليّة[1] Imaginary numbers (مثل الجذر التربيعيّ لـ -1)[2].

قدّم بنروز كذلك إسهاماته في مجال الرياضيّات البحتة، إذ أثبت في حقبة 1970 أنّ بالإمكان رصفُ سطحٍ مسطّح Flat باستخدام الرقاقات، بحيث لا يتكرّر نموذج ترتيبها مرّتين أبداً، حتّى ولو كان بحوزتنا مجموعتان مختلفتان من الرقاقات فقط لا غير، وهو أمرٌ ظنّه العلماء في السابق مستحيلاً. تدعى هذه الرقاقات بـ «رقاقات بنروز»، ولها تطبيقات عمليّة، فهي تصف في الفيزياء مثلاً نوعاً من البلّورات تُعرَف بـ quasicrystals.

1- أعداد ينتج عن تربيعها عدد سالب، وليس لها قيمة ملموسة. تدعى كذلك بالأعداد العقديّة، ولها تطبيقات في الكهرباء والإلكترونيّات ومعادلات التفاضل والتكامل. المترجمة

2- رغم أنّ هذا يبدو غريباً لغير المتخصّصين، لكنّ الفيزيائيّين يعتمدون على الأعداد التخيليّة التي ثبتت فائدتها في حلّ المشاكل الرياضيّة، خاصّة في الكهرطيسيّة والنظريّة الكموميّة. فالك



الفيزيائيّ روجر بنروز

عالِمُ نقاطِ التفرّد

أتذكّر أنّني رأيتُ بنروز للمرّة الأولى على رأس عمله، في ربيع 1990. كنتُ ما أزال طالباً في كليّة الصحافة، حين جاء إلى المدينة لتقديم محاضرة للعموم في جامعة تورنتو. أتذكّر جيّداً أنّه استخدم جهاز عرض السلايدات اليدويّ -وهي طريقة تُعدّ قديمة حتّى في ذلك الوقت -وكانت كلّ المخطّطات والنصوص مكتوبة باليد، وملوّنة بأقلام ماركر: مخطّطات للزمان-المكانيّ، وشخصيّات كرتونيّة لقطط حيّة وأخرى ميتة، وصفوف مخيفة من المعادلات... وكان كل سلايد أصعب قليلاً من سابقه! تحدّث بنروز يومها عن غودِل وأفلاطون، عن الكمبيوتر واللوغاريتمات، وعن الأدمغة والعقول. بعد انتهاء المحاضرة، ابتعتُ من البهو نسخةً من كتاب بنروز الصادر حديثاً آنذاك: «عقلُ الإمبراطور الجديد» الذي وصفته نيويورك تايمز بأنّه «يسبّب الصداع»، وانشغلتُ به معظم الصيف. كتابه الأحدث المؤلّف من 1100 صفحة، وعنوانه «الطريق إلى الحقيقة: الدليل الكامل في قوانين الكون» الذي صدر عام 2004، لا يقلّ صعوبة عن عقل الإمبراطور الجديد.

خلال السنين، حظيتُ بعدّة فرص للقاء بنروز -وهو في منتصف

السبعينيّات من عمره الآن– كانت آخرها في زيارة لي إلى أكسفورد عام 2007. وصلتُ باكراً، وتمشّيتُ في الحديقة المثلثيّة الشكل الممتدّة أمام معهد الرياضيّات، والتي توجد في أحد أطرافها كنيسة صغيرة مكرّسة للقدّيس سانت جيلز. كلّ ما في أوكسفورد يوحي بأنّ عمره قرون، وكنيسة سانت جيلز ليست استثناء، فاللوحة التعريفيّة المعلّقة على أحد جدرانها، تذكر أسماء كلّ قساوستها ابتداء من عام 1226م. توجد في الحديقة كذلك مقبرة صغيرة، بعض شواهد القبور فيها قديمة لدرجة أنّها أصبحت غير مقروءة على الإطلاق. في ذروة المثلث، خلف المقبرة، نصب تذكاريّ حربيّ يجلس الناس أسفلَ درجه كي يتناولوا غداءهم، وهم يتحدّثون في هواتفهم الخليويّة مستمتعين بشمس أيّار. بين المقبرة والنصبِ، تتوضّع مزولة كرويّة من البرونز، ذكّرتْني أنّ الوقت حان للدخول.

بعض علماء الفيزياء قد يبدون أشبه بالمحامين، أو المحاسبين، أو نجوم الروك فيما ندر، ما إن يخرجوا من حرم الجامعة، لكن ليس روجر بنروز. بالكنزة الكحليّة وجاكيت التويد، يبدو بنروز كأنّه تعريف دقيق لـ «عالِم الفيزياء النظريّة الذي يشغل وظيفته منذ زمن بعيد». بأيّ حال، مكتبه في معهد الرياضيّات مرتّب على نحو لافت، فالكتب والمجلات مصفوفة بأناقة في صفوف وأكوام، كما توجد على طاولته علبتان من الكرتون، مليئتان بـ «رقاقات بنروز» التي ابتكرها قبل ثلاثين عاماً. إحدى العلبتين تحوي ما يعرف بـ «دجاجات بنروز»، المختلفة اختلافاً جذريّاً عن بقيّة الرقاقات. فكّروا بها كلعبة بزل تضمّ نوعين من الأشكال: دجاجات سمينة، ودجاجات نحيفة! منح بنروز حقوقَ استخدام التصميم إلى شركة متخصّصة بألعاب البزل والألعاب الرياضيّة، قامتْ بصنع الرقاقات من البلاستيك السميك الملوّن بألوان زاهية. من حين إلى آخر، ونحن نتحدّث عن طبيعة الزمن، كان بنروز يلتقط «دجاجة»، أو يسحبها بعفويّة على سطح مكتبه. بدأنا بالحديث عن سهم –أو بالأحرى عن أسهم– الزمن. أكّد لي بنروز أنّها حقيقيّة، أمّا مرور الزمن فهو مسألة أخرى، قد لا تكون موجودة إلّا في رؤوسنا فقط. في «عقل الإمبراطور الجديد» كتبَ: «يتراءى لنا أنّنا نتحرّك إلى الأمام دائماً، من ماضٍ قطعيّ إلى مستقبل غير مُؤَكَّد... مع ذلك، الفيزياء كما نعرفها تروي لنا

قصّة أخرى». فيما بعد، كتب في كتابه الثاني المشهور «ظلال العقل» 1994 ما يلي: «حسب النسبيّة العامّة، الزمان -المكانيّ رباعيٌّ الأبعاد وستاتيكيّ، ولا وجود فيه للجريان. الزمان- المكانيّ موجود هناك فحسب، والزمن ساكن مثل المكان»، أمّا ظهور سهمٍ للزمن، أي ظهور اتّجاه فريد من نوعه يترافق مع مرور الزمن الظاهريّ، فهو حقيقيّ كما شرح لي، أسهم الزمن المتعدّدة تنتج عن ظواهر فيزيائيّة يمكن أن نراقبها وأن نقيسها. «العديد من تلك الظواهر مترابطة فيما بينها، رغم أنّ الصلة بينها ليست بتلك البساطة دائماً» قال، بعض تلك الأسهم مثل السهم الزمنيّ لتفكّك الكايون ما تزال محيّرة للغاية، كما أنّ السهم الزمنيّ السيكولوجيّ ما يزال غامضاً. رغم أنّ بنروز قارب مسألة الوعي في كتابه «ظلال العقل»، لكنّه يعترف أنّنا لم نتغلّب بعد على هذه المشكلة إلى حدّ يسمح لنا بالمضيّ قدماً. «أن نتذكّر الماضي لا المستقبل؟ لا أعتقد أنّنا نعرف ما يكفي عن الوعي كي نقارب هذه المسألة أيضاً»، أضاف.

حقّقنا تقدّماً في قطاع واحد: السهم الترموديناميكيّ! وهو سهم تعمّق بنروز في دراسته بلا شكّ أكثر من غيره. كما مرّ معنا في الفصل السادس، منشأ سهم الزمن الترموديناميكيّ ما يزال لغزاً، القانون الثاني في الترموديناميك ينصّ أنّه في حال وجود منظومة ذات إنتروبيا منخفضة حاليّاً، يمكننا أن نتوقّع أنّها ستصبح منظومة ذات إنتروبيا عالية في المستقبل، لكنّ القانون لا يفسّر لنا منشأ حالة الإنتروبيا المنخفضة الراهنة. هل يمكن تتبّع أصلها في نهاية المطاف، إلى أصل الكون ذاته؟ لربّما نشأ سهم الزمن الترموديناميكيّ من طبيعة البغ بانغ بحدّ ذاتها.

بغ بانغ مميّزٌ للغاية!

«ينبغي أن نعود خطوة إلى الخلف كي نلقي نظرة على الشروط البدئيّة» يقول بنروز، «القانون الثاني في الترموديناميك ينصّ -بمصطلحات مفهومة تماماً- على أنّ الأمور تصبح أكثر عشوائيّة مع مرور الزمن»، لكنّه سيوقعنا في مشكلة عندما ننظر أبعد وأبعد نحو الخلف في الزمن! «ينصّ

القانون على أنّ الأشياء تصبح أقلّ فأقلّ عشوائيّة، عندما نعود بالزمن نحو الخلف» أضاف، أي أنّها تصبح مرتّبة أكثر فأثر، وتتناقص الإنتروبيا. لكن كما شرح لي، هذا يتعارض مع ملاحظاتنا التي تقترح العكس تماماً. أوضح صورة موجودة لدينا عن الكون الباكر، مستمدّة من إشعاع الخلفيّة الكونيّة الميكرويّ CMB (تعرّفنا إليه في الفصل التاسع). البيانات الواردة من القمر الصناعيّ WMAP، ومن المراصد الأخرى التي تدرس CMB، تُبيّن أنّ الكرة الناريّة البدئيّة كانت في الحقيقة فائقة التجانس، أي أنّها كانت في حالة «توازن حراريّ» بمصطلحات الفيزياء الحديثة، لأنّ كلّ جزء من أجزاء ذلك الإشعاع يتمتّع بدرجة الحرارة نفسها بالضبط تقريباً. إن قبلنا بكلام بنروز – وهو ما لا يوافق عليه كلّ علماء الفيزياء– إذن، لا بدّ أنّ الكون الأوليّ كان في حالة إنتروبيا عالية جدّاً، على النقيض ممّا نفترضه استناداً إلى القانون الثاني.

«التوازن الحراريّ يمثّل حالة إنتروبيا القصوى» شرح لي بنروز، «بعبارة أخرى، إنّه أشدّ الحالات عشوائيّة. إذن، نحن هنا أمام مفارقة صريحة». بنروز يبدو مضطرباً بالفعل، إلى الدرجة التي يمكن فيها لحدث وقع قبل 14 مليار عام أن يثير اضطراب أحد! أسند ظهرَه إلى الكرسيّ، ومرفقَه الأيمن على المكتب. بين حين وآخر، كان يلتقط إحدى «رقاقات بنروز»، ويقلّبها بين أصابعه. أخيراً، أرجع ظهره إلى الخلف أكثر، وأضاف: «لا أعرف لماذا لا يقلق الناس أكثر حول هذه النقطة!».

بنروز يعتقد أنّه يعرف أين أخطأنا: لم نأخذ الجاذبيّة بعين الاعتبار في الدراسة! عندما نضيف الجاذبيّة إلى صورة الكون الباكر كما يناقش، عندها فقط سنتوصّل إلى فهم جذور القانون الثاني في الترموديناميك.

عندما نتعامل مع الإنتروبيا في حياتنا اليوميّة، يمكننا إهمالُ الجاذبيّة دون أن نقع في مشكلة. عادة، نستطيع أن نقرّر مباشرة ما إذا كانت الأشياء في حالة توازن أم لا (فكّروا بالحليب الممتزج جيّداً في كوب قهوة: لا يمكن لجزيئاته أن تبلغ حالة أكثر عشوائيّة ممّا هي عليه الآن، لذلك نستطيع أن نعلن بثقة أنّ الكوب في حالة توازن). للوهلة الأولى، سيبدو لنا أنّ كينونة متجانسة على نحو مثاليّ –مثل إشعاع الخلفيّة الكونية الميكرويّ– هي في حالة توازن، لكنّ إدخال الجاذبيّة في الحسبان سيغيّر الوضع لسبب تقنيّ

بحت: إدخال الجاذبيّة سيجعل تلك الكينونة بعيدة جدّاً عن حالة التوازن، أي أنّ الإنتروبيا ستكون منخفضة جداً فيها.

يستنتج بنروز أنّ حقل الجاذبيّة الخاصّ بالكون المبكّر، لم يكن في حالة توازن على الإطلاق. في الواقع، كان «مميّزاً للغاية!» كما يعلّق، ويقصد أنّه كان في حالة فائقة الترتيب. كم كان مقدار تميّزه؟ في هذه اللحظة، ساق بنروز النقاش إلى موضوع مختلف، هو إنتروبيا الثقوب السوداء. ربّما تعتقدون أنّه خرج عن السياق؟ كلّا. البغ بانغ يشبه الثقوب السوداء كثيراً، على الأقلّ من منظور الرياضيّات. في البغ بانغ، تنبثق المادّة من نقطة تفرّد، أمّا في الثقوب السوداء، فالمادّة تتطوّر وصولاً إلى نقطة تفرّد. بأي حال، البغ بانغ والثقب الأسود لا يمثّلان صورتين متعاكستين للشيء نفسه كما ينبّهنا بنروز: «نقاط التفرّد في الثقوب السوداء، لا تشبه ولو بشكل طفيف نقاطَ تفرّدِ البغ بانغ في الزمن المعكوس». قررْتُ أن أثق برأيه!

لحسن حظّنا، نحن نعرف بعض الأمور عن إنتروبيا الثقوب السوداء – التي اكتشف العالِم ستيفن هوكنج، والفيزيائيّ جايكوب بيكنشتاين، كيفيّة حسابها في حقبة 1970– ويمكننا استعمال المقاربة ذاتها بالنسبة للكون الباكر، كما شرح لي بنروز. «نستطيع الآن أن نقدّر كم كانت الحالة البدئيّة مميّزة» قال، «إنّها مميّزة جدّاً جدّاً! إن أخذتَ بعين الاعتبار حجمَ الكون الذي نستطيع رؤيته، سيكون احتمال أن تكون الحالة البدئيّة قد ظهرت بالصدفة، أقلّ من جزء من $10^{10^{123}}$ (رقم هائل، عبارة عن 1 يليه 10^{123} صفراً) ولا يمكننا كتابة هذا الرقم أصلاً، حتّى ولو أرفقنا صفراً بكلّ ذرّة موجودة في الكون المرئيّ! «الآن، هذا سخيف على نحو لا يُصدّق!» تابع بنروز، «نحن أمام أحجية ضخمة بالكاد فكرّ بها الكوزمولوجيّون، وهو ما يثير استغرابي!». حتّى نظريّة التضخّم الكونيّ التي تحلّ المشكلات الأخرى المرتبطة مع فيزياء الكون الباكر، لا تفسّر تلك الحالة الأوليّة المميّزة.

هل يوجد حلّ للتغلّب على هذه المعضلة؟ في نهاية المطاف على حدّ قول بنروز، أيّ محاولة لتطوير النظريّة الموحّدة في الفيزياء، يجب أن تأخذ كلّ ما سبق في اعتبارها، ويجب أن تتبنّى في صميمها نوعاً من الزمن غير المتناظر، ممّا سيجعلها مختلفة جذريّاً عن قوانين الفيزياء التي طوّرناها حتّى

الآن. «أنا أردّد هذا منذ عقود»، تابع بنروز وهو يبدو في عالَم آخر أكثر من كونه متعَبَاً، «يستمع الناس إليّ، يومئ بعضهم بالإيجاب، من ثمّ يعودون إلى الجاذبيّة الكموميّة ذاتها التي كانوا يعملون عليها من قبل. بالكاد أعاروا انتباهاً إلى ما قلتُه!».

دون تردّد، بادر بنروز للاعتراف بأنّ مقاربته الشخصيّة للجاذبيّة الكموميّة ليست تقليديّة، فضلاً عن اعتقاده بأنّ النظريّة الكموميّة بشكلها الحالي هي نظريّة قاصرة، لذلك لن تنفع محاولة «تكميم الجاذبيّة» (نظريّة آينشتاين في النسبيّة العامّة). بنروز لا يملك إجابات، لكنّه سيصبح في قمّة السعادة لو ثَبُتَ أنّ «نظريّة الإعصار»، أو غيرها، تسير على الطريق الصحيح. بالإضافة إلى ذلك، لن يفاجئه أنّ عدم التناظر الزمنيّ لانهيار الدالّة الموجيّة في الميكانيك الكموميّ، مرتبط بعدم التناظر الزمنيّ المتأصّل في القانون الثاني للترموديناميك، وهو ما يمثّل برأيه الصلة بين سهمي الزمن الكموميّ والترموديناميكيّ. «أعتقد كذلك -وهذه شطحة خيال- أعتقد أنّ هذا له علاقة بإدراكنا للزمن»، قال.

العقلُ والمادّة

طوّر بنروز أفكاراً غير تقليديّة على مرّ السنين، لكنّه متيقّظ دائماً لما ينضوي تحت التيّار السائد في الفيزياء وما يشذّ عنه، كما أنّه يقرّ مباشرة إن كانت فكرته مستندة إلى الحدس، لا إلى نظريّة مثبتَة. الآن، ونحن نتابع نقاشنا بسؤال شائك عن الوعي البشريّ، أدرك بنروز أنّنا نتّجه إلى نطاق التخمينات. «هل للوعي علاقة بهذا؟ أنا أميل هنا إلى الخروج عن الرأي السائد، كي أقول: أجل، توجد علاقة غالباً» قال لي. إنّه يتساءل تحديداً عن الصلة -إن كانت موجودة- بين سهم الزمن الترموديناميكيّ ونظيره السيكولوجيّ. الذاكرة كما نعرف مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالزمن، رغم أنّها تعمل باتّجاه واحد: نتذكّر الماضي، ونتخيّل المستقبل. القانون الثاني في الترموديناميك، يعمل بشكل معاكس: إن رأيتَ مكعّب جليد على طاولة المطبخ، ستعرف أنّه سيتحوّل إلى بقعة ماء خلال بضع دقائق، أمّا إن دخل شخص ما لاحقاً ورأى بقعة

الماء، فلن يعرف مصدرها. لا يمكنك أن تستعمل المعلومات الموجودة في الحاضر (بقعة ماء)، لشرح الماضي (مكعّب ثلج) بشكل راجع.

«التفسير بطريقة راجعة رهيبٌ عادة!» يعلّق بنروز، «وهو ما يخبرنا به القانون الثاني، لكن تذكّر: عقلنا يفسّر بطريقة راجعة طيلة الوقت». في نهاية المطاف، لا يقدّم الترموديناميك سوى لمحة محدودة عن إدراكنا الذهنيّ لمرور الزمن. «لا نستطيع أن نقول: حسناً، إنّه القانون الثاني في الترموديناميك! هذه ليست إجابة. هناك شيء آخر خفيّ يحدث، وهذا الشيء له علاقة بالإدراك، ويجب أن تكون له علاقة بالوعي، وبأمور أخرى ما زلنا بعيدين عن فهمها» أضاف. بالنسبة إلى الزمن بحدّ ذاته، امتنع بنروز عن تقديم تعريف. «أنا حقّاً لا أعرف!» أجابني، «سأقول قطعاً إن الزمن ليس ما نعتقده، وهو ليس نوعاً من التقدّم الثابت، ولا نوعاً من التقدّم الكونيّ المستمرّ».

اعتراف علماء الفيزياء بأنّ تعريف «ما هو الزمن؟» أصعب بكثير من أن يشرحوا لنا ما لا يمثّله، ينبئنا بالكثير! الزمن ليس مجرّد تدفّق ثابت، الزمن ليس مجرّد تزايد في عدم الترتيب، الزمن ليس انعكاساً لتمدّد الكون ببساطة... بعد نقاشات مطوّلة مع العديد من العلماء، بدا لي أنّ الاستنتاج الوحيد الذي لا يختلف حوله أحد هو: الزمن ليس ما نعتقده! حتّى المظاهر الراسخة للزمن، مثل «سهم الزمن» الذي عرّفه إدنغتون قبل ثمانين عاماً تقريباً، تراوغنا. الترموديناميك يلقي الضوء على وجه واحد فقط من وجوه سهم الزمن، ونحن نعرف أنّ هناك أسهماً زمنيّة عديدة. مع ذلك، حتّى ألمع العقول اليوم لم تتمكّن بعد من تحديد الصلة بين تلك الأسهم. الزمن لا يشبه نهر النيل بمجراه المستقيم، وإنّما هو أقرب إلى نهر الأمازون بفروعه الكثيرة، أو أشبه بفوضى الطرق الرئيسيّة المتقاطعة في لوس أنجلوس، أو ربّما...

لن نجد مجازاً متيناً يعبّر عن جوهر الزمن!

* * *

كلُّ شيء يجب أن يموت

المصيرُ النهائيّ للحياة والكون وكلّ الأشياء

– ألم ترَ؟
كيف يسيطر الزمنُ على الحجارة أيضاً؟
ولا كيف تنهار الأبراج العالية،
أو كيف تتداعى الصخور
ولا كيف تنهار معابد الآلهة والأصنام؟
• لوكرِتيوس، من «عن طبيعة الأشياء»،
القرن الأوّل قبل الميلاد.

– الأبديّة طويلة جدّاً، خاصّة عندما نقترب من نهايتها.
• وودي آلان.

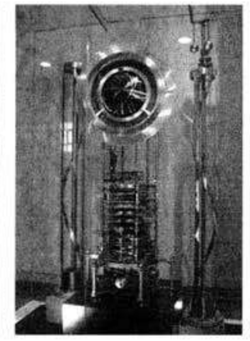
تشتهر مدينة أوكسفورد بالكثير: أبراج الكنائس الحالمة على حدّ تعبير أحد الشعراء، الباحات المربّعة المغلقة التي تحيط بها المباني المتعدّدة الطوابق من الجهات الأربع، الجدران ذات اللّون العسليّ، الأقواس الفخمة، واستقطابها للسيّاح. مباني جامعتها ما تزال بحالة جيّدة، وهي جميلة ومزخرفة وقديمة، قديمة للغاية كما تذكّرنا الكتيّبات السياحيّة، لدرجة أنّ تعبير «الكليّة الجديدة» هو لقب مضلّل، لأنّ الكليّة أنشِئت عام 1379 عندما كان عمر الجامعة حوالي مئتي عام!

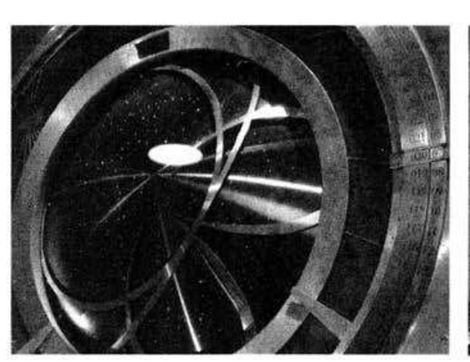
تُروى قصّة رائعة عن السقف الخشبيّ لقاعة الطعام في الكليّة: في منتصف القرن التاسع عشر، توجّب استبدال العارضة الضخمة التي تدعم السقف، والمصنوعة من خشب السنديان. آنذاك، انطلق المشرف على العمليّة مع فريقه من النجّارين مباشرة إلى الغابات التي تملكها الكليّة، وقطعوا أشجار سنديان متينة، غُرِسَتْ هناك قبل خمسمئة عام -أي بعد سنوات قليلة من تأسيس الكليّة- من أجل استبدال العارضة. ربّما تبالغ القصّة قليلاً، قطعُ أشجار السنديان يتمّ عادة بعد مئة وخمسين عاماً من غرسها لا بعد خمسمئة، لكنّها قصّة مُلهِمة عن التخطيط للمدى الطويل، الذي نادراً ما نراه في عالَم اليوم المستعجل المحموم.

أحد الأشخاص الذين ألهمتهم القصّة كان داني هيليس، وهو مخترع وعالِم أمريكيّ مشهور بعمله الرائد في مجال الكمبيوتر الفائق Super computer، كما كان مديراً لقسم الأبحاث والتطوير في مؤسسّة والت ديزني. بدأ هيليس يتفكّر في قصور نظر البشريّة، وفي الطرق المختلفة التي قد تساعده في تشجيع الناس على تبنّي نظرة طويلة الأمد. في النهاية، استقرّ رأيه على آلة معيّنة: تعهّد أن يبني ساعة تعمل طيلة عشرة آلاف عام، وقام بتشكيل فريق من المفكّرين الذين يشاطرونه رؤيته للزمن على المدى الطويل، من بينهم كيڤن كيلي مؤسّس مجلّة Wired، وستيوارت براند مؤسّس Whole Earth Catalog الذي علّق ذات مرّة بأنّ «الحضارة تدور في مجال قصير المدى من الانتباه». أنشأ الفريق مؤسّسة «الآن الطويلة» The long Now Foundation، وأطلقوا على الساعة التي يعتزمون بناءها اسم ساعة «الآن الطويلة» Clock of the long now. الاسم مقتبس من الموسيقيّ البريطانيّ ما بعد – الحداثيّ برايان إينو، الذي ابتكر تعبير «الآن الطويلة» بعد زيارة له إلى نيويورك، صعقته خلالها عقليّةُ النيويوركيّين المتمثّلة بـ «الآن على الفور، هنا على الفور»، المختلفة جذريّاً عن منظور الأوروبيّين الأطولِ. «بدأت أفكّر بما أراه على أنّه: الآن الموجزة، وفكّرت في ضدّها: الآن الطويلة» كما كتب، «الآن ليست مجرّد لحظة على الإطلاق، الآن الطويلة تعني اعترافاً بأنّ اللحظة التي تمرّ بها الآن تنمو من الماضي، وهي بذرة للمستقبل».

اعتناقُ «الآنِ الطويلةِ»

يخطّط الفريق على المدى الطويل لبناء كرونومتر عملاق في صحراء نيڤادا، حيث سبق لمؤسّسة هيليس أن اشترت قطعة أرض، مساحتها خمسة وسبعون هكتاراً. الساعة كما تخيّل، ستكون أشبه ببرج هائل ارتفاعه خمسة وعشرون متراً، وستدوم عصوراً. ما يزال المشروع قيد التخطيط، لكنّهم بنَوا نموذجاً أوليّاً أكثر تواضعاً ارتفاعه ثلاثة أمتار، تمّ تجميع قطعه في ورشة الفريق في شمالي كاليفورنيا، ثمّ نُقِلَ إلى «معرض الزمن» ضمن متحف لندن للعلوم. يا له من مُستَقَرٍّ ملائم! في الطابق العلويّ للمعرض، مجموعة مدهشة من الساعات وساعات اليد التي تنتمي إلى حقب مختلفة، مع نسخة عن «ساعة ظلّ» مصريّة تعود إلى القرن التاسع قبل الميلاد، وأوّلِ ساعة سيزيوم ذريّة صنِعتْ عام 1955. ساعة «الآن الطويلة»، لا تتشابه مع أيّ ممّا سبق!





النموذج الأوليّ لساعة «الآن الطويلة»، المصمّمة بحيث تعمل لمدّة عشرة آلاف عام. لاحظوا كيف تعرض السنة برقم من خمس خانات.

«إنّها لا تشبه أبداً ما نتخيّله على أنّه ساعة!»، تقول أليسون بويل القيّمة على قسم الفيزياء والفلك الحديث في المتحف. عندما اقتربنا من الخزانة الزجاجيّة التي تحمي الساعة، بدت لي أشبه بمخلوق معدنيّ ثقيل للغاية ذي عين واحدة. هذه «العين» السوداء الضخمة التي يبلغ قطرها حوالي نصف المتر، هي وجه الساعة الذي يعرض كلّ ما نتوقّعه من التفاصيل، عدا

الساعات والدقائق («الساعات هي فكرة زائفة اخترعتها البشريّة!» كما يقول هيليس). عوضاً عن ذلك، يظهر عليها حقل نجميّ دوّار، مصمّم كي يعكس حركة السماء الحقيقيّة، وأطوار القمر، ومواقع الشمس، كما يأخذ أيضاً باعتباره انزياحَ موقع الشمس أثناء انقلاب الفصول، خلال دورة مدّتها ستّة وعشرون ألف عام[1]. بالإضافة إلى ذلك، هناك قرص خارجيّ ثانٍ يعرض السنة وفق التقويم الغريغوريّ، برقم مكوّن من خمس خانات: 2007 مثلاً تُعرَض كـ 02007. «بلا شكّ، ستعمل الساعة طيلة عشرة آلاف عام، لذلك علينا أن نتجنّب مشكلة Y10k[2]»، كما شرحت لي بويل. تبدو الآلة متألّقة رغم ضوء المتحف الخافت، أجزاؤها المختلفة مصنوعة من النحاس، الستانلس ستيل، التنغستن، وخليط معدنيّ من النيكل والنحاس يُسوَّق تحت اسم مونِل Monel. مع ذلك، الساعة تقليديّة تماماً: لا تحتوي أجزاء إلكترونيّة، والطاقة اللّازمة لتشغيلها تُستَمدّ من أثقال تهبط إلى أسفل، كما في الساعات الميكانيكيّة الأولى التي بدأت تظهر في كاتدرائيّات إنجلترا، في القرنين الثالث عشر والرابع عشر.

«تتكتك» الساعة مرّتين يوميّاً، وتُنظَّم حركة أجزائها بواسطة جهاز يُدعى «البندول المفتول»، وهو عبارة عن بندول ذي ثلاثة شعب تتّصل بها ثلاث كرات ضخمة من التنغستِن، ينوس للأمام والخلف في مستوى أفقيّ أسفل الساعة. فوقه، يوجد جهاز يبدو معقّداً هو «الكمبيوتر الميكانيكيّ ذو النظام الثنائيّ Binary» (يُطلَق عليه أيضاً: جامعُ البتات المتسلسلة serial bit adder) يتحكّم بما يظهر على القرصين، شكله أشبه بأسطوانات محشورة في صندوق موسيقى jukebox، أو كومة فطائر معدنيّة صالحة لإفطار روبوت!

من بين جميع مقتنيات المتحف، الساعة شبيهة للغاية بتصاميم رائد

1- ينزاح موقع الشمس على دائرة البروج في كل يوم من أيام انقلاب الفصول على مدار السنين، نتيجة تذبذب محور الأرض (مرّ معنا في الفصل الأوّل) nutation، الناجم عن دورانها حول نفسها خلال 26 ألف عام. المترجمة

2- أي «مشكلة عام 10000»، وتعبّر عن جميع المشاكل البرمجيّة المحتملة في تنسيق Format الزمن وتخزينه في الكمبيوتر، والتي قد تظهر نتيجة الحاجة إلى استخدام خمس خانات. تشبه من حيث المبدأ «دودة الألفيّة» عام 2000. المترجمة

الكمبيوتر في القرن التاسع عشر تشارلز باباج. في الواقع، ساعة «الآن الطويلة» تُلقَّب بـ«أبطأ كمبيوتر في العالَم»، ومن الصعب أن ننسبها إلى مرحلة معيّنة، يخيّل لي أنّ ليوناردو دافنشي هو من صنعها، وأنّ أجزاءها مأخوذة من مركبة «الصقر الألفيّة»[1] Millennium Falcon!

من مقرّها الصحراويّ، ستقوم الساعة الأصلُ بقراءة مرور الشمس عبر السماء، وستبقى متزامنة مع التوقيت الشمسيّ أوتوماتيكيّاً طيلة آلاف السنين. من هذا المنطلق أيضاً، تمثّل الساعة عودة إلى القرون الماضية، حين كان لا بدّ من تصحيح توقيت الساعات يدويّاً، كي يتوافق مع قراءة المزولة. ساعة «الآن الطويلة» ليست ذاتيّة الصيانة، بل يجب «تعبئتها»، وهي محاولة متعمّدة لتحويل القائم عليها من مراقب سلبيّ إلى مشارِك فعّال، بالإضافة إلى خلق إحساس بالمسؤوليّة والواجب. في الواقع، ربّما تحتاج الساعة أيضاً إلى استبدال أجزائها بشكل دوريّ.

النموذج الموجود في لندن أصبح لتوّه «رمزاً لأسلوب جديد تماماً في التفكير بالزمن» تقول بويل، «الفكرة من بناء الساعة ليست أن تقوم بتحديد الوقت فحسب، بل أن تشجّعنا على تغيير طريقة تفكيرنا بالزمن وكيفيّة قياسه». اكتمل بناء النموذج في أواخر عام 1999، و«تكتكت» الساعة للمرّة الأولى عند منتصف ليلة 31 كانون الأوّل من ذلك العام مرحّبة بالألفيّة الجديدة[2]، من ثمّ ابتدأت الألفيّة الثالثة بدقّتين من دقّاتها، التي يعود لحنها إلى ألف عام مضى. يتخيّل أعضاء فريق «الآن الطويلة» أنّ النسخة المكتملة من الساعة ستترافق مع مكتبة، فيها أرشيف إلكترونيّ يجمع نصوصاً بألف لغة، وهي محاولة أخرى للتواصل عبر العصور.

يمكننا أن نشبّه ساعة «الآن الطويلة»، بأنّها محاكاة مؤقّتة للّوحات النحاسيّة التي رافقت مكّوك الفضاء بايونير، عندما خرج من نطاق المجموعة الشمسيّة في حقبة 1970، وكان أوّل آلة يصنعها الإنسان بهدف مغادرة

1- مركبة فضائيّة خياليّة مشهورة ظهرت في عدّة أجزاء من سلسلة حرب النجوم. المترجمة

2- على الأقلّ بالنسبة للذين يعتبرون أنّ الألفيّة بدأت عام 2000، وليس في عام 2001. فالك

المجموعة الشمسيّة. تصوّر اللوحات رجلاً وامرأة عاريين، ومعلومات عن المجموعة الشمسيّة، وموسيقى من تشك بيري Chuck Berry، من بين مواضيع أخرى، وصمِّمَتْ بهدف التواصل عبر مسافات شاسعة. إن عثرت عليها كائناتٌ فضائيّة عاقلة ذات يوم، ستخبرها بالقليل عن حضارتنا، بما في ذلك الموسيقى التي نحبّ أن نرقص على أنغامها (إن كان لدى تلك الكائنات مشغّل أسطوانات ملائم!). ساعة «الآن الطويلة» مصمّمة كذلك للتواصل عبر الزمن، وهي تطرح تحدّياً مماثلاً: مكوك الفضاء بايونير يتحرّك ببطء، لذلك ستنقضي ملايين السنين غالباً قبل العثور عليه (وهذا بحدّ ذاته احتمال ضئيل جدّاً!). ساعة تدوم عشرة آلاف عام تجبرنا على التساؤل: كيف ستبدو الحضارات في المستقبل؟ هل سيشبهنا البشر الذين سيأتون بعدنا بآلاف السنين، بأيّ شكل كان؟ هل سيفكّرون ويتصرّفون مثلنا؟ هل سيقدّرون ما نعتبره نحن عزيزاً علينا؟

إلقاء نظرة على المستقبل يشبه التحديق بصعوبة عبر الضباب الكثيف: يمكننا رؤية الأجسامِ القريبة، أو خطوطِها العامّة على الأقلّ، أمّا المَشاهِد البعيدة فتضيع... الزمن يحجب المشهد! بما يخصّ الفيزياء، اللحظات القليلة التي تتلو حدثاً ما تبدو واضحة: المطرقة التي سقطت، ستصطدم بالأرض، العاصفة المطريّة ستتوقّف أخيراً... إلخ، لكن ما إن نحاول استنتاج بعض التوقّعات المحدّدة عن الأنظمة المعقّدة -التي ستتضمّن بكلّ تأكيد شؤون البشر- حتّى نكتشف أنّ بصيرتنا محدودة. نحن نعرف أنّ المستقبل سيحمل لنا الموت والضرائب، لكن ليس بوسعنا أن نعرف من سيموت، وأين سيموت (أعتقد أنّ هذا من مصلحتنا!)، أو كم ستبلغ الضريبة التي سندفعها بعد عدّة سنوات من الآن. توقّعاتنا صحيحة ضمن الإطار العامّ، أكثر منها ضمن التفاصيل. بالنسبة للتوقّعات السكّانيّة مثلاً، يمكننا اعتماداً على معدّلات الخصوبة أن نتوقّع ارتفاع عدد سكّان العالَم إلى 9 مليارات شخص قبل نهاية 2070، من ثمّ ستبدأ هذه الذروة بالانخفاض. كما سنكون متأكّدين أن معظم النمو السكّاني سيحدث في الدول النامية، وأنّ عدداً متزايداً من الناس سيسكنون في المدن (سيشكّل عدد القاطنين في المدن 60% من مجموع سكّان العالَم بحلول عام 2025، استناداً إلى توقّعات

الأمم المتّحدة). من الصعب أن نحاول تخيّل أحداث أكثر دقّة، من المنطقيّ مثلاً افتراضنا أنّ عام 2018 سيشهد إقامة بطولة السلسلة العالميّة للبيسبول World series، واحتفال توزيع جوائز الأوسكار، لكن ماذا عن عام 2518م؟ ستُجرى انتخابات فدراليّة عام 2040م في الولايات المتّحدة الأمريكيّة، لكن ماذا عن عام 3000م، أو 10000م؟ المجلّات الأسبوعيّة كثيراً ما تنشر قصصاً من نمط «حياتكَ في عام 2020»، متفحّصة ما سيحصل بعد عقد أو اثنين في المستقبل، لكن مَن غيرُ كتّابِ الخيال العلميّ يبالي بما ستبدو عليه الحضارة بعد ألف عام من الآن؟! أو بعد مليون سنة؟! كلمّا ابتعدنا في الزمن أصبح المستقبل غائماً أكثر، الماضي يبدو كأنّه منقوش على الحجر، أمّا المستقبل فهو مزيج من احتمالات لانهائيّة. إن استمرّت ساعة «الآن الطويلة» بالعمل طيلة عشرة آلاف عام –أي تقريباً ما يعادل الفترة منذ اكتشاف الزراعة وحتّى يومنا هذا– من سينظر إليها؟!

تاريخٌ موجزٌ للمستقبل

التنبّؤ بالمستقبل هو هواية حديثة نسبيّاً. النصوص الدينيّة بلا شكّ تتضمّن بعض التنبّؤات، مثل سفر دانيال في التوراة وسفر الرؤية في العهد الجديد، رغم أنّ وظيفتهما المباشرة كانت نقل رسالة عاجلة عن الحقب التي كُتِبا فيها. أولى المحاولات لتخيّل العالَم كيوتوبيا، ظهرت في القرنين السادس عشر والسابع عشر، خاصّة في رواية توماس مور «يوتوبيا»، وفي «أتلانتس الجديدة» لفرانسيس بيكون. في القرن السادس عشر، نشر الصيدلانيّ الفرنسيّ نوستراداموس مجموعة من التنبّؤات، توقّع فيها حدوث كوارث طبيعيّة متنوّعة وحروب واجتياحات عسكريّة، لكنّها كانت كلّها مكتوبة بلغة مبهمة دون تواريخ محدّدة، وظلّت مفتوحة على تفسيرات لا تحصى. بعده بمئتي عام، وفي فرنسا أيضاً، نُشِرت عام 1770 مجموعة من التنبؤات البعيدة المدى، في كتاب عنوانه l'An 2440 أي «سنةُ 2440» لكاتب الدراما لويس سباستيان ميرسييه، يروي فيها قصّة رجل فرنسيّ من القرن الثامن عشر يسقط في نوم عميق، ثمّ يستيقظ بعد سبعمئة عام في القرن الخامس والعشرين. يكتشف البطل أنّ الحروب لم يعد لها وجود تقريباً، وأنّ العبوديّة أُلغيَت،

فرنسا ما تزال مملكة لكنّ عدد سكّانها ازداد بمقدار النصف، وبُنِيَتْ باريس من جديد وفق مخطّط علميّ، كما شُقَّتْ قناة في السويس، وأتاحت المناطيد (!) التنقّل بسرعة بين قارّة وأخرى.

حظيت تلك التنبّؤات بشعبيّة أوسع في القرن التاسع عشر، كما ازدهر في أواخره ما ندعوه اليوم بأدب الخيال العلميّ. كمثال –أيضاً من فرنسا– في عام 1900م، وكجزء من احتفالات «نهاية القرن» fin de siècle التي عمّت أرجاء البلاد آنذاك، طُبِعَتْ مجموعة من بطاقات علب السجائر[1] الملوّنة التي تتخيّل الحياة في عام 2000 (أعيدت طباعة الصور في كتاب إسحاق عظيموف «أيّام المستقبل»، عام 1986). صوّرت تلك الرسوم الخياليّة كلّ أصناف الطائرات، وآلات الطيران الخشبيّة الخفيفة الوزن، التي ستبدو جميعها بدائيّة نوعاً ما بالنسبة للعين المعاصرة. آلات الطيران الفرديّة الغريبة كانت رائجة، رغم أنّها ليست أكثر من مجرّد أجنحة قماشيّة تتّصل بالجسم، تخفق لتوليد قوّة رافعة. على ما يبدو، اعتمد الفنّان على تكنولوجيا القرن التاسع عشر، وحاول أن ينقلها إلى المستقبل، لكنّه فشل في توقّع كلّ التطوّرات التكنولوجيّة الجديدة التي حملها القرن في جعبته. ازدهر الطيران بالطبع، لكن شكراً للمحرّك النفّاث وخلائط الألمنيوم الخفيفة! طائراتنا تُقلّ عادة عدداً أكبر من الناس –المئات منهم غالباً– وتنقلهم عبر مسافات شاسعة. آلات الطيران الشخصيّة لم تُختَرع بعد، ومعظم التنقّلات ضمن المسافات القصيرة تتمّ بالسيّارات على مستوى الأرض. من الواضح أنّ الفنّان تخيّل كذلك ظهور مناطيد أكبر وأفضل، لكن المناطيد ذات المحرّك كانت في طريقها للانقراض أصلاً، حتّى قبل أن يُدمِّر انفجارٌ عنيف منطادَ هيندنبيرغ[2] عام 1937.

1- بطاقات مطبوعة كرتونيّة استعملتها شركات التبغ ما بين 1875–1940 لتدعيم علب السجائر، كانت تصدر بشكل سلاسل يجمعها الهواة، وصوّرت ملامح الثقافة الشعبيّة آنذاك. المترجمة

2- شبّت النيران في منطاد هيندنبيرغ الألمانيّ –وهو منطاد تجاريّ لنقل المسافرين– في أيّار 1937 أثناء محاولته الهبوط في قاعدة ليكهرست الجويّة في نيوجيرسي، ممّا أدّى إلى مقتل 35 شخصاً من ركّابه، بالإضافة إلى عدد مماثل من الضحايا على الأرض. أثارت هذه الحادثة سخطاً شعبيّاً كبيراً، وقوّضت ثقة الناس بعملاق النقل الجويّ آنذاك، ممّا مثّل بداية النهاية بالنسبة لحقبة النقل بالمناطيد. المترجمة

اعتقد العديدون آنذاك أنّ الآلات الطائرة الأثقل من الهواء، لن تنجح أبداً. في عام 1895، اللورد كلفن -الذي كان رئيس الجمعيّة الملكيّة حينها- أعلن أنّ هذه الآلات «مستحيلة»، تلاه بعد عدّة سنوات تصريح للفلكيّ وعالِم الرياضيّات الكنديّ المولد سايمون نيوكومب، مفاده أنّ «الطيران بواسطة آلات أثقل من الهواء أمرٌ غير عمليّ، ولا قيمة له، إن لم يكن مستحيلاً أصلاً!»، لكنّ الأخوين رايت انطلقا بطائرتهما في كيتي هوك بعد تصريحه ذاك بـ 18 شهراً لا غير!

في القرن العشرين، حظي الكمبيوتر بأسوأ التوقّعات. في حقبة 1940، صرّح مدير مجلس إدارة IBM أنّ عدد المهتمّين بأجهزة الكمبيوتر في السوق العالميّ، لا يتجاوز أصابع اليد الواحدة. في عام 1977، كين أولسون مديرُ شركة Digital Equipment Corp، قال: «لا يوجد سبب يجعل أيّ شخص يرغب باقتناء كمبيوتر في منزله»، لكنّ شركات Commodore PET, Tandy Corporation's TRS 80, Apple II كلّها انطلقت في تلك السنة تحديداً، ومنذ ذلك الحين والناس منكبّون على أجهزة الكمبيوتر في بيوتهم. التالي كان بيل غيتس، إذ صرّح في عام 1981 بأنّ «ذاكرة سعتها 640000 بايت[1]، ستكون كافية بالنسبة للجميع». الأمثلة عن التوقّعات الخائبة لا تنتهي، وهي تملأ شبكة الإنترنت. التنبّؤ بالمستقبل -خصوصاً مستقبل التكنولوجيا- هو تحدٍّ متعدّدُ الوجوه. عادة، نحن لا ندرك أهميّة الموادّ الجديدة في البداية (البلاستيك، الألمنيوم، الفولاذ)، وأحياناً تبدو لنا التكنولوجيا الجديدة مختلفة جذريّاً، حتّى ولو كانت مبنيّة على تطوّرات سابقة (مثل الإنترنت). في أحيان أخرى، يكون الاختراع أو الاكتشاف قيد الاستعمال، لكنّ تأثيره يمتدّ مسبّباً عواقب لا يمكن تخيّلها. عندما خرجت أوّل سيّارة موديل T من خطوط التجميع في مصانع فورد عام 1908، من كان يتخيّل الطرق السريعة، أو الاختناق المروريّ، أو زحف الضواحي، أو تشييد المولات التجاريّة (وانحطاط ماين ستريت) أو تلوّث الهواء الخطير، أو الاحتباس الحراريّ؟! بعض التغيّرات تحصل أسرع ممّا نتخيّل، وبعضها أبطأ، مثل تلك السيّارات

1- تتوافر حالياً بطاقات ذاكرة تصل سعتها إلى 128 تيرا بايت، أي 140737488355328 بايت، فضلاً عن أجهزة تخزين البيانات الإلكترونيّة العملاقة الأخرى. المترجمة

الطائرة والروبوتات التي تقوم على خدمتنا... ألم نعتقد أنّها ستتحقّق خلال عقد أو اثنين لا غير، لكنّها لم تظهر إلى الوجود بعد؟!

كلمةٌ من المستقبليّين

كم ممتعٌ لو أنّ جيل المستقبليّين[1] الحاليّين يقومون بعمل أفضل! كاتب الخيال العلميّ آرثر. سي. كليرك الذي توفيّ في أوائل 2008، ترك إرثاً مزدوجاً: في قصّة قصيرة نشرها عام 1971، توقّع إرسال أوّل مهمّة بشريّة إلى المريخ في عام 1994، لكنّه كان أكثر حذراً في عام 1999، وأقرّ بأنّنا «سنكون محظوظين إن استطعنا تحقيق ذلك عام 2010»! الفترة الإضافيّة لم تكن كافية على ما يبدو، والعلماء متّفقون اليوم على أنّ استعمار المرّيخ سيحصل ما بين 2050–2080م. حقّق كليرك أيضاً بعض النجاحات الساحقة، فقد تنبّأ باستخدام الأقمار الصناعيّة التي تدور في مدارات متزامنة مع الأرض بغرض الاتّصالات، وكذلك بـ «دودة الألفيّة» (لحسن حظّنا أنّها كانت خطأً بسيطاً، حصل عندما انقلبت ساعات الكمبيوتر بعد 1 كانون الأوّل 2000)، أمّا توقّعاته اللّاحقة فكان بعضها متواضعاً نسبيّاً (الأمير هاري سيكون أوّل فرد من العائلة المالكة يذهب إلى الفضاء)، وبعضها الآخر أشدّ غرابة، مثل تطوير نظام دفع جديد خاصّ بالصواريخ في نهاية القرن سمّاه سيّارة الفضاء، وقال إنّ المستكشفين سيستخدمونه للانطلاق إلى المجموعات النجميّة القريبة، التي سبق أن استكشفتها الروبوتات، واصفاً تلك اللحظة بقوله: «عندها سيبدأ التاريخ حقّاً!». توقّع كذلك أنّ الذكاء الاصطناعيّ artificial intelligence سيبلغ مستوى ذكاء البشر بحلول عام 2020، ومن بعدها سيتواجد «جنسان ذكيّان على كوكب الأرض»، يتطوّر أحدهما أسرع بكثير من الآخر.

يوافق ستيفن هوكنج على الرأي القائل بأنّه يجب علينا توخّي الحذر بالنسبة لتكنولوجيا الكمبيوتر المتسارعة. في مقابلة معه عام 2001، قال

1- Futurist هم الأشخاص المهتمّون بـ «علم المستقبل» تحديداً، يحاولون بشكل منهجيّ استقصاء التوقّعات والاحتمالات، وكيفيّة تطوّرها من الحاضر، سواء بما يتعلّق بمستقبل الإنسان أو مستقبل الكوكب ككلّ. المترجمة

إنّ على البشر أن يغيّروا الـ DNA الخاصّ بهم من خلال الهندسة الجينيّة، كي يضمنوا استمرار تفوّقهم على منافسيهم الإلكترونيّين، ويمنعوا الآلات الذكيّة من فرض سيطرتها. «الخطر حقيقيّ!» قال، «الذكاء الاصطناعيّ سيتطوّر ويسيطر على العالَم». المخترع المستقبليّ راي كورزفيل مقتنع بفكرة «الاندماج» المحتوم بين الإنسان والكمبيوتر، ويتوقّع أنّه مع نهاية 2019 ستبلغ قدرةُ ما قيمته 1000 دولار من طاقة الكمبيوتر مستوىً يعادل ذكاء الإنسان، وأنّ الآلات ستصبح «واعية» بحلول 2029، أمّا في 2099 فلن يبقى «أيّ فرق واضح ما بين الإنسان، وما بين الكمبيوتر».

كي نستمدّ بعض التفاؤل، سنذهب للقاء ميتشيو كاكو، الفيزيائيّ الأمريكيّ المتخصّص بتقديم العلوم لغير المختصّين بها. في كتابه «رؤى» الصادر عام 1997، قدّم صورة مفصّلة عن الكيفيّة التي سيغيّر بها العلِم والتكنولوجيا المجتمعَ، خلال السنوات المئة القادمة. بفضل التطوّرات في الفيزياء والطبّ الحيويّ biomedicine وتكنولوجيا الكمبيوتر، توقّع كاكو أنّنا «على شفا تحوّل تاريخيّ، من مجرّد كوننا مراقبين سلبيّين للطبيعة، إلى مصمّمين فعّالين لها». العديد من السرطانات ستصبح قابلة للشفاء بحلول عام 2020 كما يقول، وستصبح الكمبيوترات رخيصة مثل البيرة، كما أنّ رحلة إلى مدار الأرض مدّتها يوم واحد، لن تكلّف أكثر ممّا تكلّفه رحلة بالطائرة عبر المحيط الأطلسيّ (تحقّقت بعض توقّعاته ما بين صدور كتابه، وحلول عام 2020). إنّها صورة ورديّة، على الرغم من اعتراف كاكو بالتالي: «في الخلفيّة، يتهدّدنا دائماً احتمال حرب نوويّة، أو اندلاع وباء قاتل، أو دمار البيئة». حسناً، هذه الأمور ستلقي بظلالها القاتمة على الصورة، أليس كذلك؟

نهاية الحضارة

آه أجل، انهيار الحضارة! الموضوع المفضّل الأبديّ للتحليلات الأكاديميّة، والتخمينات من كلّ شكل ونوع! عندما نتأمّل الحقب الزمنيّة الطويلة التي ما تزال أمامنا، من الطبيعيّ أن نتساءل إن كان الجنس البشريّ سيبقى جزءاً من المستقبل. هل ستتابع حضارتنا مسيرتها، أم إنّها ستنهار؟

على ما يبدو، القلق بسبب نهاية العالَم هو هواية شائعة، ظهرت مع ظهور الإنسان على سطح الأرض تقريباً. كلّ الحضارات القديمة روت قصصاً لا تحصى عن الدمار الملحميّ الذي سيحصل، كما أضافت الثورة العلميّة زخماً جديداً لتلك المخاوف: عوضاً عن انتظار أن تقضي علينا الآلهة، طرحت الثورة العلميّة ببساطة احتمالَ أن نقوم بذلك بأنفسنا. التقدّم العلمّي بلا شكّ أطال أعمارنا وزاد أعدادنا، لكنّه قدّم لنا -للمرّة الأولى منذ ظهور جنسنا- طرقاً قد تسبّب إبادة شاملة. عالِم البيئة دوغ كوكس يصف حالتنا هذه بـ «صراع متفاقم بين المعرفة والكارثة»، من الإنجيل إلى القنابل إلى تغيّر المناخ العالميّ، لقد ابتكرنا أساليب متنوّعة كي نتخيّل دمارنا. حملت العقود القليلة الماضية معها قلقاً جديداً: في كتابه المستفزّ «ساعتنا الأخيرة» الصادر عام 2003، يؤطّر الفيزيائيّ الإنجليزيّ مارتن ريس بعضاً من مخاوفه العاجلة. سابقاً كما يقول، الأمم فقط -أو على الأقلّ، مقاطعة غاضبة أو جماعة متمرّدة- كانت الوحيدة التي تمتلك القدرة على إحداث دمار شامل. أمّا الآن، وبفضل التكنولوجيا (خاصّة التكنولوجيا الحيويّة biotechnology) دخلنا حقبة يمكن فيها «لعدد من أتباع جماعة غاضبة تؤمن بالانتحار -أو لفرد واحد غاضب- أن يشنّوا هجوماً». يذكّرنا ريس أيضاً أنّ الجماعات المسلّحة كجماعة القاعدة مخيفةٌ، لكن ينبغي ألّا نتجاهل المجموعات الأصغر التي لا تقلّ عنها إجراماً، مثل طائفة «بوابة الجنّة» Heaven's Gate (المسؤولة عن حادثة انتحار جماعيّ عام 1997)، وجماعة أوم شنريكيو Aum Shinrikyo (المسؤولة عن الاعتداء بغاز السارين في مترو طوكيو، عام 1995)، وكذلك الأفراد الغاضبون مثل مفجّري القنابل في مدينة أوكلاهوما، وUnabomber[1]. أي شخص كما ينوّه ريس، قد يتحوّل اليوم إلى قوّة مميتة،

1- أونابومبر هو ثيودور كازينسكي، أستاذ رياضيّات أمريكي نابغة ساخط على التكنولوجيا وتدمير البيئة، قام في الفترة ما بين 1978-1995 بإرسال القنابل بالبريد، أو وضعها بيده في الجامعات والشركات والبيوت والأماكن العامّة، ممّا أدى إلى قتل ثلاثة أشخاص وجرح الكثيرين. التحقيق في حالته استغرق الفترة الأطول في تاريخ الإف. بي. آي، التي كانت تشير إلى جرائمه قبل معرفة اسمه بـ UNABOM (University and Airline Bomber) ومن هنا جاء لقبه. المترجمة

دون حاجة إلى أتباع يعتنقون أفكاره. «سيكون هناك دائماً أفراد ساخطون في كلّ دولة» يحذّرنا، «ومقدار القوّة المتاحة لكلّ منهم يتزايد».

هناك خطر آخر أيضاً كما يقول، وهو أنّ المجتمعات أصبحت متداخلة ومتشابكة باطّراد. لم يعد هناك وجود للكوارث المحليّة، كلّ ما يؤثّر على مدينة أو مقاطعة أو ولاية، سيؤثّر أوتوماتيكيّاً على مواقف الناس وسلوكهم حول العالَم. المثال الأوضح عن وجهة نظر ريس هذه، هو تفشّي وباء السارز SARS عام 2003: بدأ الإنتان في آسيا، وانتشر بسرعة إلى أكبر مدينة في كندا. اللقطات التلفزيونيّة التي عرضت بضعة أشخاص يرتدون الكمّامات في تورنتو، لطّختْ فوراً سمعةَ المدينة التي تبعد آلاف الكيلومترات عن منشأ الوباء، واحتاجت السياحة المحليّة إلى عدّة سنوات كي تتعافى.

كلّ تلك الأخطار، كما يكتب ريس، قد تكون مؤقّتة، على الأقلّ على المدى البعيد. سرعان ما ستنتشر الحضارة البشريّة خارج الأرض –ربّما قبل نهاية القرن– وعندما يتحقّق ذلك، سيصبح من المستبعد أن تؤدّي كارثة واحدة مهما كانت قاسية، إلى إبادة الجنس البشريّ بالكامل. برأيه، نحن عالقون الآن في عنق الزجاجة بالنسبة للزمن، الأخطار التي تواجهنا جسيمة وكثيرة، لكن إن استطعنا النجاة منها خلال العقود القليلة القادمة، ربّما ننجو إلى الأبد.

التفكير بكوبرنيكوس عند حائط برلين

من المقاربات الأخرى التي لا تقلّ إثارة عمّا سبق، رغم كونها تجريديّة أكثر، هي وجهة نظر عالم الفيزياء جي. ريتشارد غوت من جامعة برينستون (التقيناه بإيجاز في الفصل الثامن، عندما تحدّثنا عن نظريّة الأوتار كطريقة مقترحَة للسفر عبر الزمن). استعمل غوت ما يسمّيه بـ«المبدأ الكوبرنيكيّ» كي يتنبّأ بطول فترة بقاء جنسنا، وكذلك طول فترة بقاء أي شيء يخطر على بالنا تقريباً. سُمّيَ المبدأ تيّمناً بكوبرنيكوس، لأنّ هذا العالِم الشهير هو من بيّن لنا أنّنا لا نعيش في مكان «مميّز»، فالأرض هي مجرّد كوكب من بين كواكب كثيرة، والشمس كما اكتشفنا لاحقاً هي نجمٌ عاديّ. بالمثل، يعتقد

غوت أنّنا لا نعيش في «زمن» مميّز. كي نكون أكثر دقّة، إن صادفتَ أيّ كينونة -بغضّ النظر عن ماهيّتها- تستطيع أن تفترض افتراضَين صحيحَين: أنت لم تصادف تلك الكينونة بعد أن ظهرت إلى الوجود مباشرة، ولا قبل أن تفنى مباشرة على الأغلب (تُعتبَرُ أيّ من هاتين الحالتين زمناً خاصّاً، وبالتالي غير محتملة وفقاً للمبدأ الكوبرنيكيّ)، وإنّما ستلتقي بها على الأرجح في وقت ما عشوائيّ، من «المرحلة المتوسّطة» لوجودها.

خطرت هذه الفكرة لغوت، عندما زار جدار برلين عام 1969. كان جدار برلين قد شيّد منذ ثماني سنوات آنذاك، والناس يتساءلون كم سيدوم. المبدأ الكوبرنيكيّ يقترح أنّ أفضل مؤشّر على طول بقاء أيّ شيء هو: منذ متى هذا الشيء موجود! منطق غوت مباشَر على نحو مدهش، افترَض أنّه يرى جدار برلين خلال النصف المتوسط من وجوده، باحتمال يساوي 50% -أي بين الاحتمالين 25% و75%- على الخطّ الزمنيّ timeline لتاريخ الجدار. بالقليل من الحساب، استنتج أنّ هناك احتمالاً مقداره 50% مفاده أنّ ديمومة الجدار في المستقبل، ستتراوح بين رقم يعادل ثلث وجوده حتّى ذلك الوقت، ورقم يعادل ثلاثة أضعاف تلك المدّة[1]: بما أنّ الجدار شُيِّد منذ ثماني سنوات، هذا يعني أنّه سيدوم ما بين 2.7–24 سنة في المستقبل وفقاً لتوقّعاته. عندما سقط جدار برلين عام 1989، أي بعد عشرين عاماً من زيارته، وهو تاريخ يتوافق مع حساباته، قرّر غوت أن ينشر فكرته، فظهر مقاله «تأثيرات المبدأ الكوبرنيكيّ على منظورنا المستقبليّ» في مجلّة نايتشر Nature، عام 1993.

تحوّل اهتمام غوت بعد ذلك إلى الجنس البشريّ، لكنّه لم يعتمد في حساباته هنا على «حدّ الثقة» 50%، وإنّما على الحدّ المعياريّ 95% الذي

1- لنفترض أنّ البُنية موجودة منذ x سنة، إن رأيناها عند علامة 25% من الخطّ الزمنيّ لوجودها، هذا يعني أنّ ديمومتها المستقبليّة (التي تبدأ الآن) هي أكبر بـ 3 مرّات من فترة وجودها السابقة أي 3x. إن رأيناها عند علامة 75%، إذن ستكون ديمومتها في المستقبل مساوية لثلث وجودها أي $\frac{1}{3}$x. لذلك، مجال الثقة 50% (75% - 25% = 50%) يمتدّ من مستقبل يعادل $\frac{1}{3}$x إلى مستقبل يعادل 3x. يمكننا بالمثل حساب نسخة أخرى بمعدّل ثقة 95%. فالك

يستعمله العلماء عادة. التقنيّة لم تتغيّر: استناداً إلى المبدأ الكوبرنيكيّ، هناك احتمال 95% أنّك تصادف البُنية في فترة 95% المتوسّطة من وجودها، أي ما بين إشارتي 2.5% و97.5% على الخطّ الزمنيّ لتاريخها. بعض الحساب، ستكون واثقاً بنسبة 95% أنّ البُنية التي تراقبها ستدوم فترة تتراوح ما بين 1⁄39 عمرها الحاليّ إلى 39 ضعف هذا العمر. الإنسان العاقل Homo sapiens موجود منذ حوالي 200 ألف سنة، لذلك طبقاً لغوت، يمكننا الافتراض أنّه سيبقى 5100 سنة أخرى على الأقلّ، لكنّ بقاءه لن يتعدّى 7.8 مليون سنة غالباً. هذه الأرقام كما يقترح غوت، تتماشى مع خطّ حياة Timeline بقيّة أشباه البشر: الإنسان المنتصب Homo erectus ظلّ موجوداً طيلة 1.6 مليون سنة، النياندرتال مئة ألف سنة، أجناس الثدييّات الأخرى تدوم حوالي مليوني سنة وسطيّاً.

هذه الفكرة تجريديّة إلى حدّ ما، لكنّ غوت طبّقها كي يتوقّع أمراً آخر أقرب إلينا، لا يقلّ التنبّؤ به صعوبة عمّا سبق: طول الفترة التي سيبقى فيها عملٌ مسرحيّ قيد العرض في نيويورك! في عام 1993، توقّع تواريخ اختتام 44 مسرحيّة، كانت تُعَرض على خشبة برودواي أو غيرها من المسارح آنذاك، معتمداً على تواريخ افتتاحها فقط. أخبرني أنّه عندما تفقّد القائمة، كانت أربعون من أصل أربع وأربعين مسرحيّة، قد اختُتِمتْ (بما فيها مسرحيّة «قطط» Cats، المُفتَرض بها أن تدوم إلى الأبد كما ذكّرني)، ولم يقع أي تاريخ من تواريخ الانتهاء خارج الحدود التي توقّعتها نسخة الـ 95% من المبدأ الكوبرنيكيّ.

لم يُعجِب نقاشُ غوت الجميع! الفيزيائيّ فريمان دايسن من معهد الدراسات المتقدّمة، يقول إنّ علينا توخّي الحذر عند استعمال «نموذجٍ رياضيٍّ مُجرّدٍ لوصف العالَم الحقيقيّ»، خاصّة عندما نعلم أنّ بعض الأحداث غير المتوقّعة قد حصلت، وبالتالي ستتبدّل احتمالاتُ حصول كلّ الأحداث المترابطة معاً على نحو جذريّ. متأمّلاً مستقبل البشريّة على المدى البعيد، يطرح دايسن نقطة سبق أن سمعناها من مارتن ريس: ربّما نعيش في زمن مميّز للغاية، أي أنّ البشريّة قد تكون الآن في زمن يسبق مباشرة العصرَ الذي سيصبح فيه السفر إلى الكواكب الأخرى شائعاً. مجرّد معرفة هذه النقطة قد

تغيّر القواعد خلال القرنين القادمين، ممّا يعيق تطبيق المبدأ الكوبرنيكيّ. «معرفة هذه الواقعة غير المحتملة، قد تغيّر كلّ الاحتمالات المسبقة» يكتب دايسن، «لأنّ فرار الحياة من كوكب ما، يغيّر القواعد التي ينبغي على الحياة أن تلعب بموجبها».

ضع رهانك!

لا تحتاج شهادة دكتوراه كي تلعب لعبة «يوم الدينونة»! مع دنوّ القرن العشرين من نهايته، عرضت الشاشاتُ أفلامَ هوليوود عن النيازك التي تدمّر الأرض، وأصبحت المقالات عن نهاية العالَم -سواء كانت مقالات دينيّة، أم علمانيّة- محوراً ثابتاً في كلّ المجلّات الراقية. الاصطدام مع جرم سماويّ يُرعبنا، لأنّنا نعلم أنّه حدث عدّة مرّات من قبل. كمثال، تؤكّد الأدلّة على نحو لا يقبل الشكّ، أنّ نيزكاً أو كويكباً تحطّم في شبه جزيرة يوكاتان في المكسيك قبل 65 مليون سنة، ويعْتَقَد أنّه حرّض على حدوث تغيّرات مناخيّة جذريّة، وأدّى إلى انقراض الديناصورات ومئات الأجناس الأخرى.

عشيّة الألفيّة الجديدة، بدأ الناشر الإنجليزيّ ويليام هِل بتسجيل المراهنات على الطريقة التي سينتهي بها العالَم، بعد أن حسب احتمالَ حدوث اثني عشر سيناريو شائعاً (لم يوضّح كيف جمع تلك الرهانات). السيناريو المفضّل كان «الحرب» باحتمال 1000 إلى 1، أمّا التغيّر المناخيّ فكان احتمالاً بعيد المدى يُقدَّر بـ 250 ألفاً إلى 1، وضمّت قائمته في نهايتها أيضاً غزو الفضائيّين للأرض، باحتمال خمسمئة ألف إلى 1. آنذاك، مؤسّسة «الآن الطويلة» التي تقف خلف مشروع ساعة العشرة آلاف عام، أنشأت موقعاً لتلك الرهانات (www.longbets.org)، يتيح للمستخدمين تخمينَ توقّعات من قبيل: «بحلول عام 2030، ستصبح الطائرات التجاريّة طائراتٍ دون طيّار»، أو «شخص واحد على الأقلّ ممّن كانوا أحياء عام 2000، سيبقى حيّاً عام 2150». كلّ الرهانات التي ضمّها الموقع أعطت الفائز ربحاً يعادل قيمة رهانه، وذهبَ ريعُها إلى الأعمال الخيريّة. لربّما كان بإمكانهم المراهنة على توقّعات خبير الذكاء الاصطناعيّ ديڤيد ليڤي، ففي كتابه «الحبّ والجنس

مع الروبوتات» 2007، كتب أنّه بحلول عام 2050 «ستكون ممارسة الحبّ مع الروبوتات طبيعيّة تماماً، مثل ممارسة الحبّ مع إنسانٍ آخر، كما سيزداد عدد الممارسات الجنسيّة ووضعيّاتها، لأنّ الروبوتات تعلّم أكثر ممّا تحتويه كلّ كتيّبات تعليم الجنس في العالم بأسره».

من الصعوبة أن نتوقّع كيف سيتطوّر مجتمعُ الإنسان عبر الزمن. هل توقّع تطوّر المنظومات الفيزيائيّة أسهل؟ رأينا في الفصل السادس، كيف سمحت لنا قوانين نيوتن بأن نتوقّع كيف سيتحرّك جسم ما استجابة إلى قوّةٍ تُحرِّكه، وكيف طُبِّقت هذه القواعد بنجاح على المجموعة الشمسيّة. لابلاس كما مرّ معنا، تخيّل أنّنا لو عرفنا بالضبط ما الذي يجري في منظومة فيزيائيّة ما -أي الحركات الدقيقة المُحدَّدة لكلّ الجسيمات التي تتكوّن منها- سيصبح بمقدورنا معرفة مستقبلها على نحو مؤكّد. عندما نعرف الحركات بدقّة، يمكننا التخمين: الشمس ستشرق غداً، سيحدث كسوف شمسيّ في 17 آب 2017، وهكذا.

لكنّ الطبيعة تتصدّى لمحاولاتنا على جبهتين: النظريّة الكموميّة تمنعنا كما رأينا، من التوصّل إلى معرفة سرعة جسيم معيّن بشكل مُطلَق، فما بالكم بالنظم المعقّدة؟ ثانياً، النظم المعقّدة تتطوّر غالباً بطريقة حسّاسة على نحو لا يُصدَّق للشروط الأوليّة (فكّروا مجدّداً بضربات لعبة البلياردو، هل توجد ضربتان متطابقتان في تاريخ اللعبة؟)، أعيدوا المنظومة إلى البداية، غيّروا الشروط أو السرعة أو جسماً ما تغييراً طفيفاً، وستتطوّر تلك المنظومة على نحو مختلف كليّاً. هذه المنظومات تُدعى بالمنظومات غير المستقرّة عشوائيّاً»، وأشهر مثال عليها هي الفراشة التي تخفق بأجنحتها في غابات الأمازون المطريّة، ممّا ينعكس على طقس الصين بعد عدّة أشهر (أفضل راصد جويّ لا يمكنه أبداً أن يتوقّع طقس أيّ مدينة بدقّة، لأكثر من أسبوع). التطوّر البيولوجيّ هو مثال آخر مشابه، يجادل ستيفن جاي غولد أنّنا سنتفاجأ لو أرجعنا شروط الحياة على الأرض خلال المليار سنة الماضية إلى البداية، لأنّنا لن نرى المخلوقات ذاتها (بما فيها الإنسان العاقل) تتطوّر بالطريقة نفسها... إذن، كيف نكون واثقين أنّنا قادرون على التنبّؤ بمستقبل الأرض بحدّ ذاتها؟!

المشهد الأخير على مسرح الأرض

مصير كوكبنا مرهون بلا شكّ بمصير الشمس. درس الفلكيّون فيزياءَ النجوم بشكلٍ وافٍ خلال العقود الماضية، ويستطيعون التنبّؤ بمصير نجمِ مجموعتنا بدقّة عالية: الشمس تشعّ منذ خمسة مليارات عام تقريباً، وستبقى كذلك لخمسة مليارات عام أخرى أو أقلّ بقليل، إلى أن ينفد وقودها النوويّ، وعندها ستمرّ بتحوّلات غريبة. في البداية، ستسبّب الجاذبيّةُ انكماشَها، ممّا يؤدّي إلى ارتفاعِ درجة حرارة نواتها، وانتفاخِ طبقاتها الخارجيّة بشدّة. في ختام هذه المرحلة، تتحوّل الشمس إلى «عملاق أحمر» Red giant، ومن ثمّ، بعد بضع مئات الملايين من السنين (وهي فترة قصيرة بالنسبة إلى عمرها) ستخضع إلى طور ثانٍ من التسخّن والتمدّد، وتتخلّص من معظم المادّة الموجودة في طبقاتها الخارجيّة. أخيراً، ستنهار إلى «قزم أبيض» white dwarf –تعادل كتلته ثلاثةَ أرباع كتلة الشمس الحاليّة– وتنضغط إلى كرة بحجم الأرض.

بحثَ الفيزيائيّ فِرد آدامز من جامعة ميشيغان مصيرَ الأرض –ومصير الكون أيضاً– على المدى البعيد بالتفصيل. بالاشتراك مع مؤلّف آخر هو غريغوري لوغلين، وصف آدامز مستقبل كوننا بالتفصيل في كتاب «خمسة عصور للكون»، الصادر في عام 1999. عندما قابلتُ آدامز في مكتبه في آن أربور قُبيل نشر الكتاب، حدّثني عن المصير المرعب الذي ستلاقيه المجموعة الشمسيّة: تضخّمُ الشمسِ المبدئيّ في طور العملاق الأحمر، هو كارثة على حدّ تعبيره! خلال خمسة مليارات عام تقريباً، ستصبح الأرض مكاناً غير صالح للحياة، و«ستقليها» الشمس التي ستكون آنذاك قرصاً قرمزيّاً عملاقاً يتدلّى فوق الأفق. قطر الشمس سيتضخّم من 104 إلى 168 مليون كيلومتر، أمّا قطر مدار الأرض حولها فلن يتجاوز 150 مليون كيلومتر، ممّا يعني أنّهما ستصبحان قريبتين للغاية. على أيّ حال، سيتمدّد مدار الأرض إلى 185 مليون كيلومتر بسبب تناقص قوة الجاذبيّة الشمسيّة، لذلك لن تبلعنا الشمسُ العملاقة على الفور. سيحترق ما تبقّى من كوكبنا كليّاً، لأنّ سطوع الشمس سيصبح أعلى من مستواه الحاليّ بثلاثة آلاف مرّة، لكنّ مشكلتنا ستبدأ قبل ذلك بكثير!

«قبل أن يحدث هذا، أي خلال 2–3 مليارات عام، ستصبح الشمس ساخنة

إلى درجة تكفي لحدوث احتباس حراريّ، ممّا يجعل حياتنا حارّة، حارّة للغاية» كما يقول آدامز، ليس حارّة إلى درجة تجعل آل غور نزقاً، بل حارّة إلى درجة تغلي معها المحيطات! «إذن، خلال ملياري عام، الأرض ذاتها ستقع في مشكلة خطيرة بما يتعلّق بالحياة على سطحها!»، أضاف آدمز. في مقال حديث له، لخّص الوضع بصراحة: «تشير التقديرات الحاليّة إلى أنّ محيطنا الحيويّ Biosphere، سوف يصبح عقيماً خلال 3.5 مليار سنة مبدئيّاً، وهذا يمثّل نهاية الحياة على الأرض في المستقبل».

الكوكب بحدّ ذاته -وقد أصبح مجرّداً من الحياة- قد يحيا فترة أطول. صحيح أنّ مدار الأرض سيصبح أعرض، لكنّها ستواجه مقاومة متزايدة عندما تمرّ من خلال التدفّق النجميّ الخارجيّ stellar outflow[1]، ممّا يؤدّي في نهاية المطاف إلى تداعي المدار، وجرّ الأرض نحو الشمس تدريجيّاً، حيث تلاقي مصيرها المأساويّ. في ختام المقال، لخّص آدامز مصير كوكبنا بعبارات قاطعة مرعبة: «هكذا، ستتبخّر الأرض، وكلّ ميراثها لن يكون إلّا إضافة صغيرة إلى العناصر الثقيلة التي تتألف منها كرة الشمس المضيئة. هذه النقطة في تاريخ المستقبل، بعد سبعة مليارات سنة من الآن، تحدّد نهايةَ كوكبنا».

لحسن حظّنا، مقياس الزمن المعتمِد على المليارات ذاك، ضخمٌ ضخامةً لا تُصدَّق مقارنة مع مئتي ألف عام شغلَ خلالها جنسنا كوكبَ الأرض، أو مع بضعة آلاف من السنين تعلّمنا خلالها استخدام التكنولوجيا. لذلك، لا بأس أن نتخيّل أنّنا سنكون قد انتشرنا في المجرّة، أو على الأقلّ، خارج حدود المجموعة الشمسيّة المحكومة بالخراب، قبل أن يُدمَّر كوكبنا... دعونا إذن ننطلق لمعرفة ما يتعلّق بالكون على المدى البعيد.

مصيرُ الكون

لو أنّنا نعيش في عالَم نيوتن حيث الزمان المطلق والمكان المطلق، لكان من المنطقيّ أن نتخيّل مستقبلاً لا نهائيّاً لجنسنا البشريّ أو لذريّتنا البعيدة،

1- المواد التي تفقدها الشمس من طبقاتها الخارجيّة، وتقذفها إلى الفضاء حولها. المترجمة

ضمن الزمن الذي سيجري إلى ما لا نهاية. اكتشافات الفيزياء في القرن العشرين حطّمت تلك الصورة، فبعد أن ترسّخ نموذج البغ بانغ في منتصف القرن تقريباً، بدأت كتب الفلك بوصفِ مصيرين محتَمَلين للكون الذي نعيش فيه. الأوّل: إن كان متوسّط كثافة الكون كبيراً إلى حدّ معيّن، سنكون أمام «كون مُغلَق»، أي أنّ الجاذبيّة ستُوقِف تمدّدَه في نهاية المطاف، فيبدأ بالتقلّص إلى أن ينهار أخيراً بنوع من البغ بانغ المعكوس يُسمّى بالانكماش (أو الارتداد) العظيم Big crunch. المصير الثاني: إن كانت كثافة الكون أقلّ من ذلك الحدّ، نحن هنا أمام «كون مفتوح»، أي أنّه سيتمدّد إلى الأبد، وكلّ العمليّات التي تجري فيه ستتباطأ حسب القانون الثاني للترموديناميك. سيصبح هذا الكون أشدّ عتمة، وأبردَ، وغيرَ ملائم كثيراً للحياة. في قصيدة مشهورة، جسّد الشاعر روبرت فروست جوهرَ هذين الاحتمالين ببراعة: «البعض يقول إنّ العالَم سينتهي بالنار/ البعض يقول سينتهي بالجليد».

الصورة السابقة عن مصير الكون، كانت أفضل ما استطعنا التوصّل إليه حتّى العقود الأخيرة من القرن العشرين: سيعاني الكون أحد هذين المصيرين، لكنّنا لم نستطع أن نحدّد إن كان المفتوح أم المغلق.مع وصول القرن العشرين إلى نهايته، اكتشفنا أنّ الكون ما زال يحمل في جعبته مفاجآت كبرى، واكتشفنا أعظمها آنذاك: في أواخر حقبة 1990، كان العلماء يدرسون المجرّات كما فعل هابل قبل سبعين عاماً (لكن باستخدام معدّات عديدة حديثة هذه المرّة، من بينها تلسكوب يحمل اسمه)، مع التركيز على النجوم المتفجّرة أو السوبرنوڤا[1] Supernova بشكل خاصّ. قام فريقان عالميّان مستقلّان بإجراء البحث، أحدهما فريق هاي - زِد سوبرنوڤا High-Z Supernova Team بقيادة برايان شميدت من جامعة أستراليا الوطنيّة، وآدم ريس من معهد علوم تلسكوبات الفضاء في بالتيمور، أمّا الفريق الثاني فهو مشروع كوزمولوجيا السوبرنوڤا the Supernova Cosmology Project

1- يعتبر أضخم انفجار شهده الإنسان حتّى الآن، له عدّة أنواع منها السوبرنوڤا المشار إليه هنا، الذي يحدث في المراحل النهائيّة من حياة النجوم السوبر الضخمة (أكبر من الشمس بخمس مرّات على الأقلّ)، إذ تنفجر انفجاراً هائلاً يسبّب توهجّاً شديداً يفوق سطوع النجم الأصلي، لكنّه مؤقّت لا يلبث أن ينطفئ ويتلاشى. المترجمة

بقيادة شاول بيرلْمَتَر، من مختبرات لورنس بيركلي في كاليفورنيا. قام الفريقان بدراسة سلوك المجرّات القريبة مقارنة مع تلك الأبعد، وتوصّلا إلى نتيجة مفاجئة: الكون لا يتمدّد فحسب، بل يتمّدد أسرع فأسرع!

اتّضح أنّ الكون كان يتباطأ وصولاً إلى ما قبل سبعة مليارات سنة، من ثمّ دخل طوراً جديداً من التمدّد المتسارع. ما الذي يجعل الكون يتسارع؟! انفجار البغ بانغ أعطى كلّ شيء دفعة إلى الأمام، لكنّ قوّة الجاذبيّة يجب أن تبطّئ ذلك التمدّد، أي الكون يجب أن يتباطأ لا أن يتسارع. بالتالي، استنتج الفلكيّون والفيزيائيّون حتميّةَ وجود نوع من الطاقة التي تعمل ضدّ الجاذبيّة، أي وجود قوّة تقوم حرفيّاً بدفع كلّ المجرّات بعيداً بعضها عن بعض. لا أحد يعلم ما هي تلك الطاقة الغامضة بالضبط، وما زالت تحمل اسم «الطاقة السوداء» dark energy. من المرجّح جدّاً أنّ الطاقة السوداء هي تحديداً الطاقة المترافقة مع الفضاء الخالي[1]، التي اقترحها آينشتاين في عام 1917 عندما أدخل «الثابتَ الكونيّ» إلى حساباته. إن صحّ هذا، إذن «أعظم خطأ» في مسيرته المهنيّة كان في الحقيقة بصيرة مذهلة!

لكن، حتّى ولو كانت هذه الطاقة السوداء هي بالفعل ثابت آينشتاين الكونيّ، ما زالت هناك مشكلة! الفيزيائيّون عاجزون عن تحديد منشئها بالضبط، أو تفسيرٍ لماذا تمتلك هذه القوّة بالذات. تخمينهم الأفضل عن قوّة المادّة السوداء مستمدّ ممّا نعرفه عن الجسيمات ما تحت – الذريّة، ومن النظريّة الكموميّة، ونتج عن حساباتهم رقمٌ أكبر بأضعاف مضاعفة من الرقم الحقيقيّ. ماهيّة الطاقة السوداء ما زالت لغزاً من ألغاز الفيزياء حتّى اليوم!

طاقة سوداء، ومستقبل أسود

هناك أمر واحد نعرفه عن الطاقة السوداء: «الدفع» الإضافيّ الذي تسبّبه،

1- كان الاعتقاد سائداً حتّى ذلك الوقت أنّ الفضاء هو عبارة عن خلاء أو فراغ، لكنّ الفريقين اكتشفا أنّه ليس خالياً، بل إنّ كل سنتيمتر مربّع منه يحوي مادّة غير مرئيّة تعادل كتلتها 10^{-29} غراماً، تكافئها طاقة دُعيت بـ«طاقة الفراغ»، تُقدّر بـ10^{-9} جول لكل 1 سم^2. لو أنّ الأرض مكوّنة من هذه المادّة، لكان وزنها أقلّ من غرام واحد. المترجمة

يضمن وجود كون مفتوح يتمدّد باستمرار. اليوم، ينظر الفلكيّون عبر الكون، ويرون مجرّات يتجمّع بعضها مع بعض في عناقيد Cluster، والعناقيد تتجمّع بدورها في مجموعات أضخم تُدعى سوبر عناقيد (Super clusters)، وهذه الأخيرة هي تراكيب شاسعة مبعثرة، أشبه بحبال تمتدّ مئات ملايين السنين الضوئيّة عبر الكون. نحتت الجاذبيّة كلّ تلك التراكيب، أمّا الطاقة السوداء فسوف تمزّقها. شاء القدر أن ينشر آدامز كتابه «خمسة عصور للكون» قبل أن يعلن شميدت، ريس، وبيرلْمَتَر اكتشافهم بفترة وجيزة. كيف سيؤثّر وجود الطاقة السوداء على تنبّؤات آدامز؟ «التطوّر الأهمّ قد يكون أنّنا (نعرف) الآن أنّ الكون يتسارع» أجابني عبر الإيميل، وقد وضع (يعرف) بين قوسين، كي يؤكّد على عدم وجود نتيجة مؤكَّدة بنسبة مئة في المئة ضمن نطاق العلوم، ثمّ أضاف: «لن يتشكّل المزيد من التراكيب الكونيّة، نظراً لأنّ تمدّد الكون يتسارع باطّراد». بعبارة أخرى، تلك العناقيد والسوبر عناقيد والحبال، هي نهاية المطاف فيما يتعلّق بتطوّر الكون، «الموجود أمامك في الكون الآن، هو كلّ ما ستحصل عليه لا غير»، كتَبَ.

بفضل الطاقة السوداء تلك، ستتفكّك تلك التراكيب العملاقة تدريجيّاً، وسيبدو الكون في نهاية المطاف مختلفاً اختلافاً جذريّاً عمّا نعرفه اليوم. سيبقى الكون عاديّاً تماماً طيلة بضعة تريليونات من السنين، النجوم ستظلّ مضيئة، والكواكب التي تدور حولها قد تشكّل أمكنة ملائمة للحياة. يسمّي آدامز هذه الحقبة بـ «الحقبة المليئة بالنجوم» stelliferous era، وهي الحقبة التي نعيش فيها حالياً.

في النهاية، ستستنزف النجومُ الموجودة كلَّ وقودها النوويّ، ولن تتشكّل نجوم جديدة بعد مئة تريليون سنة من الآن. ستصل «الحقبة المليئة بالنجوم» إلى نهايتها، وندخل مرحلة سمّاها آدامز «حقبةَ الاضمحلال»، تتحوّل فيها معظم الأجرام المضيئة الأبرز في الكون إلى «موادّ نجميّة متفكّكة»، تتألّف بشكل رئيسيّ من حطام نوى النجوم المنطفئة. ستتحوّل النجوم العاديّة إلى أقزام بيض، بينما تتحوّل النجوم الأثقل إمّا إلى نجوم نترونيّة فائقة الكثافة، أو إلى ثقوب سوداء. قد يصطدم قزمان أبيضان أحياناً في هذه المرحلة، ممّا يولّد انفجارات سوبرنوڤا: وفقاً لحسابات آدامز، سيحدث سوبرنوڤا

مرّة كلّ تريليون عام تقريباً، وسيسطع في السماء لأسابيع قليلة، من ثمّ يتداعى في النهاية إلى نواة متفكّكة، هو وأيّ جرم آخر شبيه بالنجوم ما زال موجوداً في الكون.

لكن علينا ألّا نتعلّق كثيراً بهذه البقايا النجميّة كما ينبّهنا آدامز! بعد زمن يعجز عقلنا عن استيعاب مقداره، ستتفكّك النجوم النترونيّة والأقزام البيض من خلال عمليّة تُدعى بالتفكّك البروتونيّ، تتحوّل فيها المادّة الصلبة إلى إشعاع (عمر البروتون ليس معروفاً بدّقة حتّى الآن، أفضل تخمين توصّل إليه علماء الفيزياء هو 10^{30}–10^{40} سنة[1]). هذه المرحلة تحدّد نهاية حقبة الاضمحلال، بعدها لن يبقى من التراكيب الكبيرة الضخمة إلّا الثقوب السوداء، وسندخل بالتالي حقبة يليق بها اسمها: «حقبة الثقوب السوداء».

الثقوب السوداء هي الأطول عمراً بين ما استطاع الكون وقوانين الفيزياء خَلْقَه، لكنّها مجبرة بدورها على الاستسلام إلى الزمن اللّانهائيّ في الكون المتمدّد: ستتلاشى في النهاية، بعد أن تتبخّر بعمليّة تُسمّى «إشعاع هوكنج» (عمليّة من عمليّات الميكانيك الكموميّ، كان ستيفن هوكنج أوّل من وصفها عام 1974). الثقب الأسود الذي يعادل حجمه حجمَ الشمس قد يدوم 10^{65} سنة، الثقب الأسود السوبر ضخم قد يدوم 10^{100} سنة (ربّما يبدو لكم هذا العدد مألوفاً: إنّه «غوغول» googol، أي الرقم 1 المتبوع بمئة صفر). بعد أن يتلاشى آخر الثقوب السوداء متحوّلاً إلى هَبّة من إشعاع هوكنج، سيصبح الكون خاوياً تقريباً، ولن يبقى فيه إلّا سربٌ قليل الكثافة من الجسيمات الأوليّة، التي ستنجرف إلى ما لا نهاية في فراغ متجمّد عديم الملامح. يطلق آدامز على هذه المرحلة الختاميّة اسم: «الحقبة المظلمة[2]».

إن استطعنا أن ننقل أنفسنا بطريقة ما أو بأخرى إلى تلك الحقبة القصيّة، ماذا سنرى؟ «القليل جدّاً» يجيبنا آدامز، «سيصبح الكون مظلماً للغاية وقليلَ

1- هذه الأرقام هائلة في الحقيقة! تذكّروا أنّ عمر الكون في هذه اللحظة هو 10^{10} سنة لا غير! فالك

2- لقد ذكرتُ أربعة من العصور الخمسة التي أعطت كتابَ آدامز عنوانه. عصرنا الحاليّ، أي الحقبة المليئة بالنجوم، هو العصر الثاني، سبقته «الحقبة البدائيّة» التي تمثّل المليون سنة الأولى من تاريخ الكون، وتمتدّ من البغ بانغ حتّى تشكّل أولى النجوم. فالك

الكثافة، ولن نجد فيه إلّا حساء رقيقاً من الجسيمات، معظمها هي جسيمات أوليّة -إلكترون، نيوترينو، بوزترون، فوتون- وربّما أشياء أخرى نجهلها كليّاً». لن يحدث الكثير في هذه البيئة الفقيرة، كما يشرح لنا، أحياناً سيرتبط إلكترون مع بوزترون فنحصل على ذرّة بوزترونيوم Positronium، لكنّها ستفكّك بدورها في النهاية. فضلاً عن ذلك، يمكن للإلكترون والبوزترون أن يُفنيَ أحدهما الآخر مباشرة، «باستثناء حوادث الإفناء المتواضعة تلك التي تحدث بشكل طفيف، الكون آنذاك هو مجرّد مكان معتم طاقته منخفضة جدّاً... سيكون بحراً من الظلمات»، وفق تعبير آدامز. لعلّ الشاعر تي. إس. إليوت اقترب من هذه النقطة أكثر من روبرت فروست، عندما قال: «هذه هي الطريقة التي سينتهي بها العالَم / ليس بانفجار بل بأنين».

نهايةُ علم الفلك

يصعب عليّ أن أتخيّل أمراً يسبّب الإحباط، أكثر من ذلك الانحطاط البطيء للكون إلى ظلمة أبديّة، لكن ها نحن أولاء: بسبب دفع الطاقة المظلمة الذي لا يتوقّف، ستبدو السماء الليليّة في المستقبل القصيّ أقلّ ثراء ممّا هي عليه اليوم، ولن يمتلك علماء الفلك في تلك الحقبة فكرةً عن مدى اتّساع وتعقيد الكون الذي عشنا فيه!

مجرّة درب التبّانة وجارتها الأقربُ مجرّة أندروميدا، مرتبطتان بفعل الجاذبيّة، وتشكّلان جنباً إلى جنب -بالإضافة إلى حفنة من المجرّات «القزمة»- ما يُعرف بالمجموعة المحليّة local group. أمّا مليارات المجرّات الأخرى الموجودة خارج مجموعتنا المحليّة، فهي لا ترتبط بنا بفعل الجاذبيّة، لذلك سيدفعها تمدّد الكون (الذي تحرّضه الطاقة المظلمة) إلى خارج نطاق رؤيتنا في نهاية المطاف. المجرّات الأبعد هي التي ستختفي أوّلاً، وستختفي خلف «الأفق الكونيّ[1]» Cosmological horizon على حدّ قول آدامز، من ثمّ تتبعها المجرّات الأقرب واحدة تلو الأخرى.

1- أي المسافة القصوى التي لا يمكن بعدها للمراقب من الأرض أن يرى أي شيء في الكون، لأنّ الضوء لم يصله من الأجسام الموجودة هناك بعد. المترجمة

بعد مئة مليار سنة من الآن تقريباً، حتى عنقود العذراء Virgo cluster -وهو ثاني أقرب عنقود من المجرّات إلى مجموعتنا المحليّة- سيختفي خلف الأفق الكونيّ. سنصبح معزولين تماماً عن بقيّة الكون، لن تكشف تلسكوباتنا إلّا عن حفنة من المجرّات التي تشكّل مجموعَتنا المحليّة، أمّا أبعد منها فلن نحدّق إلّا إلى الظلام. كلّ عناقيد المجرّات الباقية ستلاقي المصير ذاته، إذ سيصبح كلّ منها معزولاً عن جيرانه، وإن وُجِدَ فلكيّون في تلك المجرّات، لن تكشف تلسكوباتهم عن أيّ شيء. رؤية كانط للأكوان التي تشبه الجزر المعزولة ستتحقّق حرفيّاً[1]!

ستشهد مجموعتنا المحليّة بعض الأحداث رغم ذلك: مجرّتا درب التبّانة وأندروميدا تتقاربان حاليّاً، ومن المتوقّع أن تندمجا بعد ستّة مليارات عام. هذا الاندماج لن يؤثّر على معظم النجوم، لأنّ المسافات التي تفصلها كبيرة جدّاً مقارنة بأقطارها، وبالتالي لن يصطدم بعضها ببعض. على المدى البعيد، درب التبّانة وأندروميدا والمجرّات الأخرى الصغيرة في المجموعة المحليّة ستندمج ضمن تركيب واحد كبير، وعندها تصبح المجوعةَ المحليّة هي بحدّ ذاتها الكون الذي نراه. بالتالي، سيكون أمام الفلكيّين ما يوجّهون إليه تلسكوباتهم «محليّاً»، لكنّهم سيجهلون تركيبَ الكون الإجماليّ. كما جادل لورنس كراوس وزملاؤه مؤخّراً، سيرزح فلكيّو تلك الحقبة تحت ضغط هائل كي يصدّقوا أنّ أمراً كالبغ بانغ مثلاً حدثَ ذات يوم، فمع كلّ تلك المجرّات التي تباعدت واختفت، لن يكون بمقدور العلماء مطلقاً أن يكتشفوا ما اكتشفه هابل في حقبة 1920. إشعاع الخلفيّة الكونيّ الميكرويّ بدوره سيخضع إلى مصير مماثل: عندما يتمطّط ويزداد طول موجاته، ستضيع إشارته بين الإشعاعات المنبعثة من مصادر أخرى. يقول كراوس إنّ الفلكيّين الذين سيعيشون آنذاك سيقعون فريسة للخطأ، «ما يحدث

1- يمكننا أن نفكّر بحدث الاختفاء ذاك على أنّ المجرّات ستتباعد أسرع ممّا يمكن للضوء أن يقطع المسافات التي تفصلها. هذا يبدو خرقاً للنسبيّة الخاصّة، لكنّه يتماشى معها في الواقع: تمدّد الكون بحدّ ذاته هو ما يسبّب تباعد المجرّات. بطريقة مشابهة، يمكننا أن نتخيّل ضوء تلك المجرّات وقد «انزاح نحو الأحمر» بشدّة وأصبح غير قابل للكشف. فالك

سيدفعهم إلى استنتاجات خاطئة عمّا يفعله الكون، إذ سيبدو لهم ستاتيكياً، وهذا خطأ مطلق، لأنّ الكون في الحقيقة سيتمدّد بسرعة هائلة إلى درجة تمنعهم من رؤيته».

هذا الأمر يطرح مشكلات على مستويات عديدة، ومن المحزن للغاية أنّ المعرفة التي نمتلكها اليوم لن تتوفّر في المستقبل البعيد. ربّما يحفّزنا ذلك للحفاظ عليها بأيّ ثمن، كما أنّه يجعلنا نتساءل عن مصداقيّة ما نعتقد أنّنا نراه في سمائنا الآن. من ناحية أخرى، تطالعنا حتماً قصّة خيال علميّ مؤثّرة في السيناريو السابق: الحضارة A أعلنت بكلّ فخر أنّها انتهت من رسم خريطة للكون بأسره، لكنّها تتعارض مع سجّلات الحضارة B العتيقةِ المغطّاةِ بالغبار، التي تصف سماءً ليليّة كانت موجودة في الماضي السحيق، وتوحي بكون أروع وأوسع على نحو لا يصدّقه عقل... لكنّه اختفى!

نهاية الحياة

مصير الكون كما رأينا هو أن ينتهي في الظلام، ما هو مصير الحياة فيه إذن؟

القانون الثاني في الترموديناميك -مجدّداً!- يبدو كأنّه يملي مصيرنا نحن. في الكون المفتوح، كلّ كينونة وكلّ كائن وكلّ فكرة يجب أن تنتهي، كما علّق الفيلسوف برتراند راسل ذات مرّة: «كلّ الأعمال على مدى العصور، كلّ العبادات، كلّ الإلهام، كلّ عبقريّة الإنسان المتألّقة... مُقدَّر لها أن تنقرض، كلّ إنجازات الإنسان ستُدفَن حتماً تحت أنقاض كون متهدّم».

في أواخر حقبة 1970 بأيّ حال، اقترح فريمان دايسن حلّاً: تخيّل الحياةَ بالمعنى العامّ على أنّها «أيّ شيء» يمكنه معالجة المعلومات. بما أنّ معالجة المعلومات تستهلك طاقة وتولّد حرارة، سيبدو لنا الوضع كأنّ الكون المتمدّد يقدّم كمّيّة أصغر فأصغر من الطاقة القابلة للاستخدام، كي يحافظ على منظومة الحياة تلك بحالة فعّالة. من وجهة نظر دايسن، يمكن للحياة أن تدخل في سبات لفترات طويلة جدّاً من الزمن، ومن خلال إطالة فترات السبات -أي من خلال تخفيض معدّل استقلاب تلك الكينونات بشكل ما- يمكن للحياة أن تستمرّ إلى الأبد تقريباً كما يؤكّد لنا. بأيّ حال،

اكتشافُ الطاقة المظلمة أزاح استراتيجيّته تلك عن المسرح. عالِما الفيزياء لورنس كراوس وغْلِن ستاركمان درسا المشكلة في أواخر 1990، واستنتجا أنّ الحياة واقعة في ورطة حقيقيّة: الحياة تتطلّب طاقة، لكنّ حصاد الطاقة يصبح أصعب فأصعب في الكون الذي يتسارع. عندما نصبح معزولين في «الجزيرة الكونيّة» الخاصّة بنا، ستصبح موارد الطاقة الموضوعة تحت تصرّفنا محدودة جدّاً، والمصادر المحدودة تعني أنّ أيّ كائن حيّ (او الآلات التي تكافئه) سيحظى بذاكرة محدودة كما يناقش العالِمان، وبالتالي «سيتوجّب عليه أن ينسى الأفكار القديمة، كي يكتسب أفكاراً جديدة»، لكنّ المعلومات المحدودة تقود بدورها إلى عدد محدود من الأفكار، وفي النهاية، لن تجد الكائنات المفكّرة ما تفعله إلّا أن تكرّر الأفكار ذاتها مرّة تلو المرّة. «ستصبح الأبديّة سجناً، أو بالأحرى أفقاً من الإبداع والاكتشاف يتقهقر إلى ما لا نهاية»، فضلاً عن أنّ الحياة –بشكلها الماديّ قطعاً– ستلاقي حتفها حتماً في آخر المطاف.

بلا شكّ، لم يكن ما سبق وجهةَ نظر سعيدة حول الحياة والكون وكلّ شيء، لكنّنا قد نستطيع استخلاص نقطة إيجابيّة منه. أوّلاً –سأبدو هنا كأنّني أقتبس عن كارل ساغان في ختام السلسلة التلفزيونيّة «الكون»– كلّ مليارات السنين تلك التي ما زالت طيّ المستقبل، ستوفّر لنا فرصة فعل الكثير، والكثير من الخير. ثانياً، من المدهش أنّ أدمغتنا البشريّة المحدودة، استطاعت أن تتصوّر المستقبل القصيّ بتلك الدرجة من اليقين، وممّا يدعو إلى الدهشة أيضاً هو أنّ مصير الكون بعد مليارات ومليارات السنين، يبدو أوضح من المصير الذي ستلاقيه حضارتنا بعد عدّة قرون. ربّما سيتجمّع أحفادنا في صحراء نيفادا، ويحدّقون بإعجاب إلى ساعة «الآن الطويلة» كما يخشع السيّاح اليوم أمام أهرامات مصر... وربّما لا! ثمرة هذا المشروع الطموح التي ستدوم أجيالاً طويلة كانت عرضة للشكوك. الفيزيائيّ والكاتب غريغوري بنفورد مثلاً، يظنّ أنّ الساعة العظيمة التي «ستدوم عشرة آلاف عام» قد تتعرّض للخراب بعد فترة أقصر بكثير. النسخة المصغّرة الموجودة في المتحف «جميلة جدّاً» كما وصفها، لكنّه يتمنّى أنّ الساعة الأصل التي ستُنصَب في

الصحراء ستكون أقلّ بهرجة، «ستحطّمها أوّل عصابة من راكبي الدرّاجات النارية تمرّ بجوارها» كما يقول، «أمّا إن جعلوها تبدو قبيحة ومهترئة، فربّما تبقى[1]». الكاتب برايان هايس وجّه انتقادات أقسى للساعة: بافتراضنا أنّ الحضارة بعد عشرة آلاف سنة ستشاركنا قيَمَنا، أو رغبتنا بقياس الوقت بدقّة، نحن نرتكب نوعاً من «الكولونياليّة الزمنيّة»، أي أنّنا نستعبد أجيالَ المستقبل كي يحافظوا على ميراث من الأنظمة. يعترف هايس أنّ التصرّف بما يحقّق مصلحة الأجيال القادمة هو فعل نبيل، لكنّه يتساءل كيف سنعرف ما هي تلك المصلحة بعد أجيال قليلة قادمة. «افتراضُ أنّ قيم عصرنا الحاليّ تجسّد حقائق وفضائل أبديّة، هو افتراض أحمق مغرور!» يكتب، «برأيي، بعض أجيال المستقبل ستشكرنا لأنّنا أحرقنا كلّ ذلك البترول السامّ، وستلعننا لأنّنا قضينا على ڤيروس الجدريّ». حتّى الخانات الخمس التي ترمّز السنة، والتي تبدو طريقة جيّدة لتلافي أزمة «Y10K» عشيّةَ رأسِ سنة 9999، هي مقاربة خاطئة برأي هايس. أربع خانات هي أصلاً فائضة عن حاجتنا: «إن اتّبعنا عادة صنع آلات تدوم عشرة آلاف سنة، أو إن كتبنا برامج الكمبيوتر باعتماد سنة مكوّنة من خمس خانات، نحن لا نسدي خدمة للمستقبل، بل نغذّي أوهامنا ببساطة!».

في الواقع، يذكّرنا هايس أنّ الساعات في القرون الغابرة كانت تُبنى أيضاً والأمل يحدو صانعيها بأنّها ستعمل لفترات طويلة مشابهة، ويستشهد بالساعة الفلكيّة العظيمة التي نُصِبَت عام 1300م في كاتدرائيّة ستراسبورغ. بعد قرنين، استقدمت الكاتدرائيّة فريقاً لإصلاح آليّة الساعة، لكنّ الفريق اختار أن يبدأ من الصفر ويركّب آليّة جديدة. خضعت الساعة للترميم مرّة ثانية في القرن الثامن عشر، واختار العمّال مجدّداً أن يستبدلوا آليّتها القديمة

1- في كتابه «الزمن السحيق»، يعطي بنفورد مثالاً آخر مروّعاً عن فشلنا بالتواصل عبر الزمن: الكثير من «الكبسولات الزمنيّة» التي خُتِمَتْ ودُفِنَت من قبل المواطنين بنيّة حسنة من أجل إرضاء فضول الأجيال القادمة... ضاعت! إمّا لعدم وجود علامات تدلّ على مكانها، أو لأنّ النسيان طواها ببساطة. يقول بنفورد إنّ مدينة كورونا في كاليفورنيا دفنتْ 17 كبسولة زمنيّة خلال الخمسين سنة الماضية، لكنّها أضاعت أثرها جميعها. فالك

بالكامل عوضاً عن إصلاحها. يعتقد هايس أنّ ساعة «الآن الطويلة» -رغم أنّها مشروع طَموح- ستخضع للفحص واستبدال أجزائها قبل انقضاء فترة العشرة آلاف عام المفتَرضة، كما أنّ النموذج الكامل الذي سيُنصَب في الصحراء، يجب أن يختلف عن ذاك الموجود في متحف لندن من ناحية هامّة: ذكرتُ سابقاً أنّ الساعة «تتكتك» مرّتين يوميّاً، وأنّ البندول المفتول الثلاثيّ الفروع ينوس للأمام والخلف. في الواقع، كان يجدر بي القول إنّ الساعة «سوف تتكتك»، والبندول «سوف ينوس»، لأنّ الساعة لا تعمل! على ما يبدو، أُطفِئ النموذج عندما تمّ شحنه من كاليفورنيا إلى بريطانيا، ولم يُشغَّل منذ وضعه في متحف العلوم! الساعة كانت متوقّفة أثناء زيارتي، وبقيت كذلك إلى بدايات 2008. يرجع جزء من المشكلة كما صرّح ناطق باسم مؤسّسة «الآن الطويلة»، إلى أنّ الساعة موضوعة في خزانة عرض زجاجيّة، ممّا يُصعّب عملية تعبئتها. «هدفنا هو ابتكار حلّ آليّ لتعبئة وتشغيل الساعة، على أن نتمكّن من صيانته دون الاضطرار إلى فتح الخزانة» كما قال، لكن من غير الواضح كم سيستغرق التوصّل إلى هذا الابتكار.

حتّى ذلك الوقت، الساعة المصمّمة كي تنطق عبر العصور... ما تزال صامتة!





الوهمُ والحقيقة

الفيزياء، الفلسفة، ومشهدُ الزمن

– الزمن نهرٌ يجرفني معه، لكنّني أنا النهر. الزمن نمرٌ يفترسني، لكنّني أنا النمر. إنّه نارٌ تحرقني، لكنّني أنا النار.

• خورخيه لويس بورخيس

– الزمن هو وهمٌ، و«وقتُ الغداء» هو وهمٌ أضخم.

• دوغلاس آدامز

خلال رحلتنا، تعرّفنا إلى «الزمن» من زوايا عديدة مختلفة. التقينا أولئك الذين يعتبرونه مُطلقاً وأولئك الذين يعتبرونه نسبيّاً، الذين يتصوّرونه كخطّ والذين يتصوّرونه كمقطع، وكذلك الأشخاص الذين يريدون طيّه على نفسه للخلف، والسفر عبره في حلقة. تخيّلنا حياة أوّل الشعوب التي أصبحت واعية لمروره، وأولئك الذين تعلّموا كيف يقسّمون الثانية الواحدة إلى مليار جزء، كما ألقينا نظرة على بداية ونهاية الزمن أو على الأقلّ، اقتربنا منهما بقدر ما يسمح العلم حاليّاً. رغم ذلك، لم نجد إجابات لبعض الأسئلة المفصليّة عن الزمن! أوّلاً، هناك السؤال الشائك المتعلّق بـ«جريان» الزمن، فهل «يمرّ» الزمن حقّاً بطريقة ما ملموسة؟ إنّه سؤال أزليّ، بدأ بداية متحمّسة مع آراء بارمينيدس وهيراقليط المتعارضة، ثمّ حيّر

أعظمَ العقول من أوغسطين إلى نيوتن، ومن كانط إلى آينشتاين. هل الزمن هو مجرّد «تَغَيُّرٍ»؟ أم أنّه أمرٌ جوهريّ باعتباره تلك الكينونة الغامضة التي تجعل التغيّرَ ممكناً، أي أنّه نوع من «الأساسات» التي يُبنَى عليها الكون؟ لعلّه الصورة المعاكسة: كثيراً ما نتحدّث عن «نهر» الزمن، هل من المعقول أنّ هذا النهر جافّ، وأنّ جريانه مجرّد وهم؟ وكيف يجري، إن كان الحديث عن «معدّل جريانه» عديمَ المعنى؟! إن كان جريان الزمن وهميّاً بالفعل، فهل جفّ الماضي والمستقبل معه، ولم يبقَ سوى تشكيلة من «الآن» تقع كلّ واحدة منها على حدّ السواء مع الأخرى، كما يقترح جوليان باربور وغيره من المفكّرين الجسورين؟

لعلّ ملايين السنين من التطوّر البيولوجيّ، إضافة إلى آلاف غيرها من التطوّر الثقافيّ واللغويّ، قولَبَتْ عقولنا بطريقة تجعلنا نتخيّل هذا الجريان غير الموجود على أرض الواقع، ممّا خلق مشكلة يشترك فيها الفلاسفة وعلماء النفس. ربّما يتّضح لنا في النهاية أنّ «جريان الزمن» هو مسألة معقّدة صعبة، تنتمي إلى المشاكل الكبرى في حقلي الفلسفة والسيكولوجيا، من قبيل «ما هي الذات؟» و«ما هو الوعي؟».

بين العقل والدماغ

هل مرور الزمن هو أمرٌ يصوغه دماغنا من دوّامة المعلومات الحسيّة الواردة إليه، من ثمّ يقدّمه إلينا على أنّه حقيقيّ؟! هل هذه العمليّة مُتْقَنة إلى درجة تجعلنا نتخيّل، أنّ ناتجها النهائيّ كان «موجوداً هناك» خارج عقلنا دائماً؟!

من وجهة نظر بعض المفكّرين، «الذات» هي مجرّد تركيب، لذلك قد يكون الزمن بدوره مجرّد واجهة لتركيب معرفيّ أغنى. «من حيث المبدأ، الذات هي تركيب يركّبه العقل» تقول الفيلسوفة باتريشيا تشيرشلاند من جامعة كاليفورنيا في سان دييغو، «إنّها حقيقيّة، لكنّها عبارة عن شبكةِ تنظيمٍ معتمدة على الدماغ، تقوم بمراقبة حالات الجسد، وتحديد الأولويّات، كما تخلق ضمن الدماغ نفسه فاصلاً ما بين العالَم الداخليّ والعالَم الخارجيّ». تورد تشيرشلاند مثالاً بسيطاً، وهو الإدراك البصريّ:

نحن نرى صوراً ثنائيّة الأبعاد للعالَم –صورة من كلّ عين– لكنّ الدماغ يقوم بتركيب صورة ثلاثيّة الأبعاد من تلك المعلومات، وتلك الصورة هي ما ندركه. «الدماغ يبني تشكيلة من الأدوات العصبيّة التي تسمح له بفهم العالَم» تكتب، «ومن بين تلك الأدوات: الماضي، والمستقبل، والذات». تشيرشلاند تشدّد هنا على أنّ هذا لا يجعل من الذات أو الماضي أو المستقبل غير حقيقيّة، بل على العكس، هذا يجعلها «أدوات» نستعملها، وليس «ملامح» للعالَم.

الكاتب والفيزيائيّ بول ديڤيس يوافقها الرأي. زرتُه مؤخّراً في فينيكس، حيث يتولّى حاليّاً إدارة مركز أبحاث جديد يُسمّى «بيوند» Beyond ضمن حرم جامعة ولاية أريزونا. نيويورك قائظة في تمّوز، لكنّ أيلول في فينيكس أسوأ بكثير! من بين الجامعات التي زرتها، هذا هو الحرم الجامعيّ الوحيد الذي توجد فيه مرشّة ماء مثبّتة بالسقف أمام المكتبة، لخلق لحظات قصيرة من الانتعاش ما بين المحاضرات! في عام 1995، نشر ديڤيس كتاباً دقيقاً مُلهِماً عن فيزياء الزمن عنوانه «حول الزمن»، وفيه –كما في مقالاته العديدة الأخرى– جادل أنّ مرور الزمن هو وهم محض، وتمسّك بموقفه هذا خلال لقائنا. «لا يوجد شيء يتوافق مع مرور الزمن، أو حركة الزمن، أو الماضي، أو الحاضر، أو المستقبل، أو الآن» شرح لي، «لا شيء منها موجود في الفيزياء، وهذا يجعلنا نميل لاعتبار الزمن مجرّد نتاج للسيكولوجيا واللّغة، ولا علاقة له بطبيعة العالَم الماديّ».

نحن نعتبر مرور الزمن أمراً بديهيّاً، لكنّ حدسنا وفطرتنا انبثقا عن التطوّر البيولوجيّ كما يقول ديڤيس، «لقد بنى التطوّر عقولَنا كما بنى أجسادَنا، لذلك نحن نتقن التفكير بالعالَم بواسطة طرق محدّدة، ونرتاح لمفاهيمَ محدّدة». على ما يبدو، نحن مرتاحون جدّاً لفكرة أنّ الزمن هو شيء يمرّ، ولذلك كما يعلّق ديڤيس «أصبحت المفاهيم، مثل جريان الزمن، جزءاً من نظرتنا إلى العالَم، حتّى ولو لم يكن لها أساس في الفيزياء». أتساءل ما الذي دار في عقل أوغسطين في القرن الخامس للميلاد، عندما وصف جريان الزمن بأنّه شيء موجود في العقل لا في العالَم الحقيقيّ، فكتب: «في داخلكَ يا عقلي أقيس الزمن... عندما تمضي الأشياء، تترك عليك

انطباعاً، وذلك الانطباع هو ما أقيسه. لذلك، إمّا أنّ هذا بالتحديد هو الزمن، أو أنّني لا أقيس الزمن على الإطلاق». بعد ثلاثة عشر قرناً ونصف القرن، وافقه إيمانويل كانط الرأيَ عندما كتب: «فكرة الزمن لا تنشأ في الحواسّ، الحواسّ تفترض وجود هذه الفكرة مسبقاً. الزمن ليس أمراً موضوعيّاً، وهو ليس مادّة ولا صدفة ولا علاقة، لكنّه حالة شخصيّة ناجمة بالضرورة عن طبيعة العقل البشريّ».

إن كان مرور الزمن مجرّد وهم، فهو بكلّ تأكيد ليس الحيلة الوحيدة التي يحتال بها دماغنا على عقلنا. يشبّه ديڤيس هذه الحيلة بطفل جالس على كرسيّ مكتبٍ، ويدور بها. سيدور، ويدور، وعندما يتوقّف، يشعر كأنّ الغرفة تدور حوله، لكنّه يعرف أنّ هذا ليس صحيحاً: إنّه وهم، وسيختفي خلال دقائق معدودة. جريان الزمن برأي ديڤيس هو وهم مماثل، لكنّه مترسّخ بشدّة في عقولنا.

ولكن... ما زلنا نريد أن نعرف كيف نشأ هذه الجريان! هذا الوهم يصرخ بنا طالباً تفسيراً! ويجب أن نبحث عن هذا التفسير على حدّ قول ديڤيس «في السيكولوجيا والفيزيولوجيا العصبيّة، وربّما في اللّغات أو الثقافة».

تطوّرُ الزمنِ

هناك افتراضاتٌ أكاديميّة كثيرة بلا شكّ، رأينا مثلاً كيف حاول روجر بنروز إيجاد علاقة بين أسهم الزمن المختلفة. روبرت جايف، وهو فيزيائيّ في معهد ماساشوستس للتكنولوجيا، يعتقد بوجود علاقة بين سهم الزمن السيكولوجيّ ونظيره الترموديناميكيّ. «أعتقد أنّ أصلَ تجربة الزمن كما يعيشها الإنسان هو ترموديناميكيّ من حيث المبدأ. إدراكنا للذاكرةِ والخبرةِ ولتوقّعِ المستقبل، يتغلغل بجذوره ضمن تخزين المعلومات ومعالجتها، وتدهورها، ونواتج الإنتروبيا في بيئة كيمائيّة - فيزيائيّة هي الدماغ»، كما قال لي.

في حقيقة الأمر، الدماغ يقوم بتحريك المعلومات بين أجزائه المختلفة، أمّا إن كان يقوم بذلك كما يفعل الكمبيوتر، فهذا ما يزال محطّ جدل لم يُحسَم بعد (بنروز مثلاً عارض الفكرة كليّاً). مؤخّراً، تصاعدت موجة من

الجدل اقترحت أنّ «نظريّة المعلومات[1]» ستساعدنا يوماً ما على فهم قوانين الفيزياء وطبيعة الوعي[2]. هذا الاقتراح ما يزال تخميناً بالطبع، لكنّه جدير بالمتابعة إن كان سيلقي الضوء على أصل مرور الزمن الظاهريّ.

قارب علماء آخرون مشكلة جريان الزمن من منظور التطوّر. بلا شكّ، لم يدرك أسلافنا مرورَ الزمن بالطريقة ذاتها كما نفعل نحن، لأنّ طريقة إدراكنا للزمن تطوّرت تدريجيّاً، جنباً إلى جنب مع تطوّر أدمغتنا. بيئتنا تقصفنا في كلّ لحظة بسيل لا ينقطع من المعلومات الخام: أشكال، ألوان، تدرّجات النور والظلّ، روائح، أصوات... إلخ، فتقوم أدمغتنا بطريقة ما أو بأخرى بدمج تلك المعلومات بعضها مع بعض، كي تصنع صورة متجانسة عن العالَم. لولا هذه المقدرة، سيشلّنا تيّار المعلومات العشوائيّ. لقد تعلّمنا أن نقوم بتركيب «مشهد» عوضاً عنه، وهو أمرٌ لا يقدّر بثمن في بقاء الجنس البشريّ: نحن لا نرى زوجاً من العيون المتّقدة، وحفنة خطوط سوداء وصفراء، بل نرى «نمراً» ونهرب!

هل مرور الزمن هو تركيب مماثل؟! جيمس هارتل، الفيزيائيّ الذي عمل مع ستيفن هوكنج على اقتراح «اللّاحدود» (الفصل العاشر)، هو من بين مفكّرين يؤمنون بهذه الفكرة يتنامى عددهم باستمرار. «إحساسنا القويّ بوجود (الآن)، وبزمن يجري من الماضي عبر الحاضر باتّجاه المستقبل، له قيمة في النجاة» كما يكتب، آملاً أنّنا لو اكتشفنا القيودَ التي فرضها التطوّر على إدراكنا، سنفهم طبيعة الزمن الحقيقيّة بمساعدة صغيرة من نظريّة المعلومات. بشكل تقريبيّ، كلامه يعني أنّ أيّ بُنية تجمع المعلومات (بما

1- Information theory هي دراسة تكميم (التحويل إلى كميّات) ونقل وتخزين المعلومات في وسط ما، أو نقلها عبر قناة. تعتمد عليها العديد من التخصّصات مثل الفيزياء والرياضيّات والبيولوجيا. من تطبيقاتها ضغط الملفّات بصيغة zip، ضغط البيانات بصيغة mp3، كما كانت أساساً لاختراع السي دي CD، وتطبيقات الهاتف الخليويّ وتطوير الإنترنت، ودراسة اللسانيّات، والثقوب السوداء. المترجمة

2- هناك كتابان هامّان يلقيان الضوء على هذه النقطة نُشرا في عام 2006 وهما:
Charles Seife's: Decoding the Universe
وكتاب Seth Lloyd's :Programming the Universe. فالك

في ذلك العقل البشريّ)، ستخزّنها مبدئيّاً في «سجلّ دَخْل» input، من ثمّ تنقلها إلى «سجلّات الذواكر»، كي تستعيد بعض المساحة الخالية في منطقة الدخْل. انتقال المعلومات ما بين السجلّات المختلفة، هو بشكل ما أو بآخر ما «نشعر به» على أنّه الزمن. «تحدث في دماغنا عمليّة تشبه تدفّق المعلومات من سجلّ إلى سجلّ» يقول هارتل، «وهي ما تعطينا إحساساً بمرور الزمن في نهاية المطاف[1]».

من ناحية أخرى، يقول روبرت جايف إنّنا لا نعرف بعد تفاصيلَ الآليّة الحقيقيّة لمرور الزمن، وهي على الأغلب «عمليّة متشابكة معقّدة إلى درجة لا تُصدَّق»، كما أنّ إحساسنا بمرور الزمن هو «تكيّفٌ تطوّريّ متأصّل بشدّة مع التجربة العشوائيّة، التي وجدتِ العضويّاتُ الحاملةُ لـ DNA –أي أسلافنا البعيدون– نفسها تخوضها. لقد ورثنا هذا التكيّف منذ المراحل الأولى للاصطفاء الطبيعيّ».

أن نصدّق ما نراه

تفرض الطبيعة علينا أوهاماً كثيرة. لقد حدّقنا مثلاً طيلة آلاف السنين إلى كوكبة أوريون Orion، ورأينا فيها صيّاداً عظيماً. الآن، نحن نستمتع بالميثولوجيا التي تشرح تلك الصورة، وبعظمة نجومها البرّاقة في مساءات الشتاء، لكنّنا أدركنا أنّ «الصيّاد» موجود في مخيّلتنا لا غير. حطّمنا أوهاماً أخرى أيضاً: العالَم مسطّح، السماء هي قبّة شاسعة، الشمس تدور حول الأرض... إلخ، وتلك الأوهام –التي سندعوها بـ«أوهام الإدراك»– كما الكثير غيرها، انبثقت من حقيقة واحدة لا غير، هي أنّنا نراقب الكون من زاوية محدّدة.

هناك نوع ثانٍ من الأوهام هي «أوهام التفسير». طيلة عصور، تأمّلنا أعاجيب النباتات والحيوانات التي تحيط بنا، واعتقدنا أنّها بُنى مصمّمة

1- ينجم عن هذا الاقتراح عدّة أمور على حدّ قول هارتل، منها أنّ إدراك أيّ حضارة فضائيّة نصادفها للزمن، سيكون مشابهاً لإدراكنا على الأغلب، إذ إنّها ستشاركنا مفهومنا عن الماضي والحاضر والمستقبل، وكذلك فكرة جريان الزمن. فالك

بعناية، كما دفعتنا آليّاتُ عملها للظنّ بأنّنا أمام آلات مصنوعة بدقّة فائقة -مثل الساعات- لذلك تخيّلْنا «صانعَ ساعات» إلهيّاً مسؤولاً عن خلقها. عندما وضّح لنا داروِن أنّ التراكيب المعقّدة قد تظهر بسبب عمليّات طبيعيّة، أدركنا أنّ «صانع الساعات» الخفيّ غير ضروريّ.

سنطلق على النوع الثالث من الأوهام اسم «أوهام الانبثاق». فكّروا بمثال «رطوبة الماء» الذي مرّ معنا، نعرف أنّ «رطوبة الماء» تنبثق فقط عندما تجتمع ملايين الجزيئات معاً، أمّا الجزيئات المنفردة فلا تُبدي تلك الخاصيّة (قد يعترض أحدهم أنّه لا بدّ من وجود مراقب واعٍ، كي يختبر تلك الرطوبة). صلابة المادّة هي وهم آخر مماثل، فقد أوضحت لنا الفيزياء الذريّة أنّ الصخرة مثلاً تتكوّن بمعظمها من فراغ، لكنّنا غافلون عن المسافات الخالية الموجودة بين نوى الذرّات، وبالتالي سنشعر بأنّ الصخرة صلبة بالنسبة للمْسِنا على المستوى المُكَبَّر macroscopic.

تعلّمنا أن نتعايش مع ما سبق من الأوهام، واستغرقنا مئات، بل آلاف السنين كي نكتشف زيفها، لكنّنا تابعنا حياتنا. ما زلنا نعلّم أطفالنا أسماءَ مجموعات النجوم (إن كنّا نعرفها أصلاً، وكنّا محظوظين بما يكفي لرؤية السماء في الليل الدامس!)، لكنّهم يعرفون اليوم أنّ «صيّاد» كوكبة أوريون ليس صيّاداً حقيقيّاً. قد نتكلّم مجازيّاً عن «تصميم» العين البشريّة، لكنّنا واثقون أنّه لا يشبه تصميم سيّارة مثلاً. «رطوبة» الماء ليست معضلة، ستبقى جزيئات الماء المهتزّة موجودة حتّى ولو اختفى المراقب الواعي، وهذا لا يمثّل ضربة قاضية للطريقة التي نفهم بها الماء، بل مجرّد تذكير لطيف بأنّ إدراكنا «للرطوبة» مشروط بأمور كثيرة، وأنّه مجرّد إدراك لا غير.

إن كان جريان الزمن وهماً، فلا بدّ أنّه أرسخ بكثير من الأوهام السابقة! قد يقول لنا علماء الفيزياء إنّ الزمن «انبثق» في لحظة البغ بانغ، لكنّه انبثاق يحيّرنا أكثر من رطوبة الماء أو صلابة الصخرة، فضلاً عن أنّ نفي صفة «الجريان» عن الزمن، يثير اضطرابنا أكثر من إلغاء صفة «الرطب» من الماء. ما الذي سيبقى لنا من الزمن دون جريانه؟! هل سيبقى الزمن زمناً؟! فكرة

أنّ الزمن لا يشكّل جزءاً أساسيّاً من الكون هي تحدٍّ صعب. خلال السنوات المئة الماضية، طرح البحث العلميّ العديد من التحدّيات المشابهة: في بداية القرن العشرين كان علينا أن نتخلّى عن مكان نيوتن المُطلَق وزمنه المُطلَق، لمصلحة النظريّة النسبيّة والنظريّة الكموميّة. فُرِضَ علينا الزمان-المكانيّ الرباعيّ الأبعاد (أي شيء رباعيّ الأبعاد في الواقع صعبٌ على خيالنا)، وأن نقبل بالجسيمات التي ترتبط صفاتها على نحو غامض بجسيمات بعيدة، رغم أنّها عسيرة على تصوّرنا، كما أصبحت القطط[1] حيّة وميتة في الوقت ذاته... على نحو مشابه، الزمن الذي لا يشكّل ملمحاً أساسيّاً من ملامح الطبيعة صعبٌ جدّاً علينا كما يتحسّر برايان غرين: «عندما أجلس، أغمض عينيّ وأحاول أن أفكّر بالأشياء دون أن أتصوّرها وكأنّها تشغل مكاناً، ودون أن تختبر مرور الزمن، لكنّني أفشل فشلاً ذريعاً: المكان من خلال السياق، والزمن من خلال التغيّر، ينجحان بالتسلّل إلى أفكاري»، وهذا يذكّرنا بكلمات أرسطو الذي عبّر عن قلقه قبل ثلاثة وعشرين قرناً: «حتّى ولو كنّا موجودين في مكان مظلم، ودون أن نقوم بأيّ فعاليّة حركيّة، سنعتقد على الفور أنّ بعض الوقت قد انقضى، بمجرّد أن تمرّ فكرة ما في أذهاننا».

مقدّمة فلسفيّة: الجزء الثالث

من المثير للفضول أنّ «الفرع» العلميّ المسؤول عن دراسة هذا البعد الغريب، لم يُحَدَّد قطّ! رأينا كيف شمل الصراعُ لفهم ماهيّة الزمن الفيزيائيّين، وعلماء النفس، وعلماء اللسانيّات، والأنثروبولوجيّين، بالإضافة إلى الاختصاصيّين في العلوم العصبيّة، والعلوم المعرفيّة cognitive، والفلسفة

1- المقصود هو «قطّة شرودنغر» Schrödinger's cat: تجربة ذهنيّة قدّمها الفيزيائيّ إروين شرودنغر في مقال عام 1935 لتفسير حالة الكون من منظور الميكانيك الكموميّ. حسب شرح العالِم نيلز بور لمبدأ التراكب Superposition، يمكن اعتبار القطة المحبوسة في صندوق حيّةً وميتةً في آن واحد إلى أن يقوم المراقب بفتح الصندوق وتحديد حالتها، أمّا شرودنغر في تجربته فقد رفض هذا المبدأ واعتبره غير منطقيّ، القطط إمّا أن تكون حيّة أو أن تكون ميتة، ولا يمكن أن تحمل الصفتين معاً في آن واحد. المترجمة

بلا شكّ. يضاف إلى ذلك أنّ الفروع السابقة يتداخل بعضها مع بعض إلى حدّ ما، وهناك معضلات معيّنة -تطوّر الذاكرة على سبيل المثال- تشغل أكثر من حقل واحد منها.

في كتابي هذا، ركّزتُ على الفيزياء بشكل خاصّ، لكنّ هناك فرعاً فلسفيّاً هو الميتافيزيقيا metaphysics يلامس الفيزياء التقليديّة أحياناً، وقد يتداخل معها. الأسئلة عن طبيعة الواقع المطلقة، وعن طبيعة العقل وأصل الكون، توصف غالباً بأنّها مشاكل ميتافيزيقيّة، رغم أنّ العلماء كما رأينا بحثوا فيها، وحقّقوا تقدّماً مميّزاً، خاصّة فيما يتعلّق بأصل الكون (الفصل العاشر). من الإنصاف إذن اعتبار الكون كرةً في ملعب باحثين من جميع التخصّصات. صحيح أنّ إنجازات الفيزياء هي الأشدّ رسوخاً، لكن لا أحد مستثنى من النقاش، خصوصاً في أوساط الفلسفة حيث ما يزال الجدال الساخن مستمرّاً بحماس، والتساؤلات عن «سهم الزمن» و«جريان الزمن» وطبيعة الزمن بحدّ ذاتها، كلّها تستقطب الاهتمام. مجلّات الفلسفة تقدّم باستمرار مقالات متنوّعة عن معضلات تعود إلى زمن أرسطو (وأحياناً إلى حقبة أقدم منه)، لكنّها توظّف في الوقت ذاته حيلاً تقنيّة جديدة، أو انقلاباً جدليّاً يجعل حتّى أقدم الأسئلة تبدو جديدة وطارئة. بالمقارنة مع الأسلوب «الآليّ» الذي تعتمده مجلّات الفيزياء، صفحات مجلّات الفلسفة تبدو مفعمة بالعاطفة. خلال السنوات القليلة الماضية، قدّمت مجلّة «الفلسفة» Philosophy البريطانيّة الراقية، العديدَ من الأبحاث الصعبة الجدليّة -والعدائيّة أحياناً- التي كتبها أبرز المفكّرين في حقبتنا عن طبيعة الزمن. في أحد تلك السجالات الساخنة، تحدّى مايكل دَمِت من جامعة أوكسفورد، الفيلسوفَ روبرت ريد من جامعة إيست أنغليا. بدأ مايكل دَمِت النقاش بمقال عنوانه «هل الزمن هو استمراريّة من اللحظات؟»، ناقش فيه معضلة أرّقت الباحثين منذ أيّام أرسطو وأوغسطين، فردّ عليه روبرت ريد بـ: «ليس واضحاً كيف يمكن للمرء أن يركّب الزمنَ كاستمراريّة من لحظات ليس لها مدّة! هذا أشبه بتركيب خطّ من نقاط ليس لها أبعاد»، وذلك في مقالة حملت عنواناً مدهشاً: «هل يستحقّ سؤال (ما هو الزمن؟) أن نطرحه؟!». ثار غضب مايكل دَمِت، وقال إنّ ريد لا يفهم على ما يبدو ما هي «الاستمراريّة»، واستشهد على

كلامه بسلسلة من الأرقام الحقيقيّة[1] كمثال معاكس، من ثمّ كتب بعد صفحات مطوّلة من الجدل: «يبدو أنّ الدكتور ريد مهتاج، يسدّد اللكمات يميناً وشمالاً دون أن يدرك أين يقف خصمه». في معركة أخرى، قال ريد إنّ دَمِت «لا يتعامل بجدّية كافية مع المنطق الذي لا بدّ منه، وهو أنّ الزمن مفهوم عقليّ، وليس شيئاً ما نجده ببساطة في نسيج الكون». من كان يظنّ أنّ الفلسفة أشبه بالمبارزة؟!

اهتمام الفيزيائيّين بهذه الخصومات هو مسألة أخرى! استنتجتُ من حواراتي مع العديد منهم على مرّ السنين، أنّ معظمهم لا يكترث بالجانب الفلسفيّ للنقاش (مواكبة ما يُكتَب ضمن نطاق دراستهم الفائقة التخصّص يستهلك معظم وقتهم بلا شكّ). من ناحية أخرى، يقول روبرت ريد: «في الفيزياء، الزمن هو الزمن، والفلسفة لن تنجح بانتقاد الفيزياء ولو من بعيد». رغم ذلك، أجد أنّ الفلسفة تتفوّق على الفيزياء بنقطة واحدة، وهي ميلها للتراجع خطوة إلى الخلف كي تحاول استيعاب المشهد برمّته. في «مقال عن الزمان والمكان»، تصارع الفيلسوف جي. إر. لوكاس عام 1973 مع معضلة الزمن المعقّدة، وتوصّل إلى فهم عميق لكلّ التناقضات المتأصّلة التي تطفو إلى السطح، عندما نفكّر بشيء غامض ومراوغ كالزمن. مثل أوغسطين، نحن نعتقد أنّنا نعرف ما هو الزمن، لكنّنا ندفع بأنفسنا إلى الجنون ذهنيّاً ولغويّاً عندما نحاول التعبير عنه بالكلمات. «نحن نصغي باحترام»، كما يكتب لوكاس، عندما يُقال لنا إنّ الزمن هو صورة متحرّكة عن الأبديّة، أو مقياس للتغيّر، أو امتداد للعقل، أو ترتيب للأحداث، أو القراءة التي تعطيها الساعة، أو البُعد الرابع... لكنّنا «لا نوافق موافقة مطلقة رغم أنّنا نصغي باحترام»، لأنّ كلّ التعاريف السابقة عاجزة عن تجسيد جوهر الزمن. «لا يمكننا أن نقول ما هو الزمن» يتحسّر لوكاس، «نحن نعرف ما هو، لكنّ كلّ كلماتنا عاجزة عن أن ترقى إلى مستوى التعبير عمّا نعرفه».

1- الأرقام الحقيقيّة هي كلّ الأرقام التي يمثّلها مستقيم الأعداد، ولا تشمل الأعداد الصحيحة فقط بل أيضاً الأعداد الكسريّة اللّانهائيّة الموجودة بين أي عددين صحيحين، بما في ذلك الأرقام الجذريّة مثل π. فالك

هل القيصر حيٌّ؟

بالنسبة إلى معظمنا، إلغاءُ جريان الزمن واعتبارُه مجرّد وهم، يتطلّب أسلوباً جديداً في التفكير يخالف حدسنا. سبق أن تعرّفنا إلى المشاكل المزعجة الناجمة عن هذا الأمر -مثل النفي المزعوم للإرادة الحرّة- لكن ربّما نجد جانباً إيجابياً لكونٍ تحظى فيه كلّ واحدة من «الآن» بالحالة نفسها، لأنّه يتيح لنا نوعاً خاصّاً من الخلود (الفصل السادس)، كما يجادل جوليان باربور وآخرون.

لماذا نشعر بالحزن عندما يموت شخصٌ ما عزيز علينا؟ الإجابات كثيرة، نلخّصها بأنّ حزننا ناجم عن تفكيرنا بأنّ هذا الشخص لم يعد موجوداً، وأنّ انتصاراته ومآسيه باتت من الماضي، بينما حذفَه المستقبلُ نهائياً. على حدّ تعبير الفيلسوف مايكل لوكوود، نشعر هكذا لأنّنا «على نحو غريزيّ، نساوي بين الوجود -الوجود بلحمنا ودمنا- مع الوجود الآن، في اللحظة الراهنة». في الكون المقطعيّ الذي ترسمه الفيزياء الحديثة، الخالي من «الآن» ومن الصيغ النحويّة الزمنيّة، سننظر إلى الموت بأسى أقلّ، ففيه تكون أحداث الماضي حقيقيّة بقدر أحداث الحاضر، والحياة التي «انتهت» لم تقم إلّا بتغيير موقعها فقط بشكل ما أو بآخر، ضمن «مقطع» الكون. من وجهة النظر هذه، الحياة «تنتهي» في الواقع تماماً كما تنتهي أريزونا عند حدود نيو مكسيكو، لكنّ «أريزونا» لا تذهب إلى أيّ مكان على الإطلاق! «وفقاً لذلك المنظور» يكتب لوكوود، «الشخص الذي لا يحيا الآن، عاش أو سيعيش في أزمنة أخرى، وسيتواجد بالمعنى الجوهريّ ذاته مثل شخص لا يعيش هنا، بل في مكان آخر». نستشفّ من عباراته أنّ الموت ليس إلغاءً لوجود الشخص، بل هو مجرّد حدث يحدّد الحدَّ الأقصى لامتداد ذلك الشخص ضمن اتّجاه واحد (شبيه بالزمن) زمانيّ -مكانيّ، مثلما يحدّد جِلْدُ الشخص الحدَّ الخارجيّ له في اتّجاهات أخرى (شبيهة بالمكان). إن قبلنا رأي لوكاس، فهو يحتّم علينا أن نعتبر المحبوب الميت «حيّاً»، تماماً كصديق يعيش في بلد بعيد: إنّه حيّ، لكنّنا لا نستطيع التواصل معه في غياب الهاتف والإيميل... إلخ. «يشجّعنا آينشتاين على اعتبار أولئك الذين يعيشون في

زمن انقضى، مثل أولئك الذين يعيشون في بلد أجنبيّ، أي أنّهم على قدم المساواة هناك في الزمان- المكانيّ، ويتمتّعون بتجربة الوجود بلحمهم ودمهم مثلنا» كما يكتب لوكوود، «ببساطة، كلّ منّا يعيش في أجزاء مختلفة من الاستمراريّة الزمنيّة».

مرّ معنا كيف يعتنق جوليان باربور هذا النوع من الخلود - إن كان «الخلود» هو الكلمة المناسبة- ففي مفهوم بلاتونيا **Platonia** الذي صاغه، يتخيّل طريقة جديدة للتفكير بزمن تكون فيه كلّ واحدة من «الآن» موجودة دائماً. خلال محادثتنا السابقة الذكر في ساوث نيوإنغتون، سألتُه إن كان يوليوس قيصر ما يزال حيّاً مثل أيّ شخص منّا. أجل، أجابني. اعترضتُ على جوابه: يوليوس قيصر مات، وتحلّل جسده منذ زمن سحيق، نقطة انتهى! قد يقول شخص متديّن إنّ «روح» يوليوس قيصر ما تزال حيّة، أو شيئاً ما من هذا القبيل، لكنّه ليس «حيّاً» بالمعنى المألوف للكلمة. بقي باربور مصمّماً على موقفه!

قلقاً من أنّني أتخبّط وأضيع بين دلالات الألفاظ، سألته إن كان يعتقد أن يوليوس قيصر «حيّ بالمعنى الحرفيّ للكلمة»، أي: مهما كانت الصفات التي أملكها أنا والتي تجعلني حيّاً، هل يملكها يوليوس قيصر بدوره؟! «سأجيب بـ: أجل» ردّ باربور، «وسأقول إنّني أنا وأنت الآن على قيد الحياة ضمن ما نعتبره مراحل سابقة في حياتنا، تماماً مثلما نحن حيّان في هذه اللحظة».

لكم أرغب بتصديقه!!

حاولتُ أن أتخيّل الصبي الذي كنتُه في الثانية عشرة من عمري، وهو ما يزال «موجوداً»، يجرّب بحماس كاميرته (كاميرتي) كوداك إنستاماتيك التي أهداه إيّاها جدّ لطيف... أو الشابّ الذي كنتُه في الحادية والعشرين، وهو يحاول جاهداً في سنته الجامعيّة الرابعة أن يفهم النظريّة الكموميّة بمعادلاتها ورموزها... لكنّني لم أقدر! لقد اختفى كلٌّ منهما، و«أنا» الآن هنا عوضاً عنهما. عانيتُ صعوبة أكبر في تخيّل «أنا» في الخمسين أو الستين من عمري، وتلك الـ «أنا» موجودة الآن! وقتها سيحين كما آمل، لكن يبدو لي أنّني «أنا» فقط الموجود الآن!

اعذروني! لو قبلنا رؤية باربور أنّ جميع «نسخ» الماضي والمستقبل منكم حقيقيّة، تماماً مثل الأشخاص الذين يقرؤون هذه الجمل الآن، إذن... كلّ الذين عاشوا ذات يوم ما يزالون «أحياء»! ومن هذا المنطلق، كلّ من هتلر وستالين ما يزال «حيّاً» مثل أيٍّ منّا. إنّه سيف ذو حدّين كما يبدو لي، إن ارتحنا لفكرة أنّ المحبوب المتوفّى ما يزال حيّاً (في بقعة ما من الزمان-المكانيّ، أو البلاتونيا، أو أيّاً كان اسم هذه الحلبة حيث «الآن» معدومة)، سنجزع عندما نستنتج أنّ كلّ لحظة من العذاب، أو الألم، أو الظلم، ما زالت قيد الحدوث! لا يحبّذ باربور هذه العبارات والمفردات: قيد الحدوث، تحدث، تستمرّ... إلخ، لأنّها توحي لنا خطأً أنّ الزمن يجري، لذلك يفضّل أن يصف الأحداث بأنّها «موجودة» لا غير. إنّها وجهة نظر مميّزة عن الوجود، ومن الصعب الإحاطة بها. أعتقد أنّني فهمتها، لكنّني عاجز عن الإيمان بها! ماذا عن باربور؟ لا بدّ أنّه يشعر أنّ الزمن يمرّ ويمضي، تماماً مثلما نشعر نحن. هل أنا على صواب؟!

«أجل بلا شكّ!» يعترف باربور أنّه لا يختلف عن أيّ شخص آخر في هذا الصدد. «أنا أعيش مثل الآخرين نوعاً ما» يقول، لكن لعلّه انتفع من تفكيره بالزمن بأسلوب غير تقليديّ. «أعتقد أنّ نظريّتي جعلتني أستمتع بكلّ لحظة من لحظات حياتي، أكثر ممّا يفعل الآخرون» كما يقول، وأضاف أنّ سباق الحياة المحموم لا يثير قلقه. في الحقيقة، ساوث نيوإنغتون هي أبعد ما تكون عن نمط الحياة السريع في المدن، وإن كان هناك مكانٌ يمكن للمرء أن يعيش فيه دون التعرّض لضغوط العالم الحديث (على الأقلّ في إنجلترا)، فهو هذه البلدة.

«أعتقد أنّ العالَم مبهرٌ وممتع» أضاف باربور، «أريد أن أقدّره حقّ تقديره».

الحديث عن الزمن في تورنتو

رغم أنّ آراء باربور بعيدة جدّاً عن التيّار السائد في الفيزياء، لكن هناك من يعلنون ولاءهم له. على الأقلّ، ألهمَ جوليان باربور بأفكاره جيلاً جديداً من علماء الفيزياء، الذين يحترمون مقدرته على التفكير بالمشاكل القديمة بطريقة جديدة.

أحد معجبيه هو الفيزيائيّ لي سمولِن من معهد بيرميتر للفيزياء النظريّة في واترلو، أونتاريو (التقيناه بإيجاز في الفصل السادس). معهد بيرميتر هو مؤسّسة بحثيّة مستقلّة، تبعد حوالي الساعة بالسيّارة عن تورنتو، حيث يقيم سمولِن الذي يُشتَهَر بأنّه أحد آباء نظريّة «الجاذبيّة الكموميّة الحلقيّة» loop quantum gravity، وهي بديل مُقتَرَح لنظريّة الأوتار، وتهدف إلى توحيد النظريّة النسبيّة والنظريّة الكموميّة. وفقاً لهذه النظريّة، يمكن تكميم (أي التحويل إلى كميّة) الزمان والمكان (كما في نظريّة «الإعصار» التي صاغها روجر بنروز)، ومصطلح «حلقيّة» loop كما يشرح سمولن ناتج عن «بعض الحسابات التي تتضمّن حلقات صغيرة محدّدة ضمن الزمان-المكانيّ وفق هذه النظريّة». يمكننا أن نتخيّل المكان (وبالتالي الزمان) مركّباً من تلك الحلقات المتناهية في الصغر، إذ لا يتجاوز قطرها 10^{-35} متراً[1].

مؤخراً، ذاع صيته أيضاً بسبب تأليفه كتاباً استفزازيّاً هو «المشكلة مع الفيزياء» 2006، اعتبره الكثيرون هجوماً على نظريّة الأوتار، وفيه جادل سمولن أنّ نظريّة الأوتار وعدت العالَم بالحلّ، لكنّها فشلت بالإيفاء بوعودها رغم عقود طويلة من الدعاية، ولفت إلى أنّ العديد من علماء الفيزياء الشباب اللّامعين ينضمّون إلى قافلتها، على حساب المقاربات الأخرى الممكنة... وهو ما لم يعجب مؤيّدي نظريّة الأوتار بلا شكّ! بأيّ حال، يؤكّد سمولن أنّ كتابه لم يستهدف أيّ باحث في تلك النظريّة بشكل شخصيّ.

سمولن حاصل على شهادة الدكتوراه من هارڤارد، وقام بالتدريس في جامعتي يال وبنسلڤانيا قبل أن ينتقل إلى أونتاريو، حيث يعيش حاليّاً في ضاحية سكنيّة هادئة في تورنتو، تقع في منتصف المسافة تقريباً ما بين قطاع كوين ستريت الغربيّ القديم، والقطاع الشعبيّ الأحدث المعروف بـ «غربي قطاع كوين الغربيّ»، لعدم وجود أسماء أفضل على ما يبدو!

1- في كتابه «نسيج الكون» يلخّص برايان غرين النظريّات المتنافسة كالتالي: بعبارة واحدة، نظريّة الأوتار تبدأ بالنظريّة الكموميّة «الصغيرة»، وتنطلق لضمّ النظريّة الأكبر «الجاذبيّة»، أمّا أتباع الجاذبيّة الكموميّة الحلقيّة فيبدؤون بالأكبر «الجاذبيّة»، من ثمّ ينتقلون لضمّ الأصغر «النظريّة الكموميّة». بالمقارنة بينها كما يقول، نظريّة الأوتار هي التي حقّقت تقدّماً أفضل. فالك

أخبرني سمولن أنّه يحترم كلّاً من بنروز وباربور كثيراً، وأنّه يعتبر باربور بمنزلة «الغورو الفيلسوف»، وهو معجب بشكل خاصّ بمقاربة هذا الأخير لمشكلة الجاذبيّة الكموميّة، التي تصدّى لها الكثيرون لكنّ تفكيرهم بها كان «مشوّشاً» على حدّ وصف سمولن، أمّا باربور فقد «تمعّن في دراستها بالفعل!». مع ذلك، سمولن لا يؤيّد باربور إلى حدّ القبول باستنتاج الجنتلمان الإنجليزيّ عن «انعدام الزمن»، كما أنّه غير مستعدّ للقبول بأنّ «الآن» كلّها متساوية. ببساطة، مقاربة باربور تنتزع الكثير من جوهر الزمن، وما يبقى منه لا يمثّل «الزمن» كما نعرفه. «من ناحية فلسفيّة، أعتقد أنّ الزمن أساسيّ فعلاً. لا أستطيع إخراجه من رأسي» أخبرني سمولن، «الزمن أساسيّ للغاية في الطريقة التي نختبر بها الطبيعة، فكيف لا يكون جزءاً أساسيّاً من العالَم؟!».

سمولن في الثانية والخمسين الآن، شعره مشعّث نوعاً ما، ولحيته مشوبة بالرماديّ، يرتدي نظّارة ذات إطار معدنيّ، وسترة منفوخة سوداء يطوي كمّيها للأعلى. عندما كنّا جالسين إلى طاولة غرفة السفرة الكبيرة، مرّ أشخاص مختلفون (وحيوان واحد!): مدبّرة المنزل، كاي وهو ابن سمولن ذو الخمسة عشر شهراً، كلبة سوداء ضخمة اسمها إيميلي، والرجل الذي ينزّه إيميلي أحياناً (زوجة سمولن، وهي محامية، لم تكن في المنزل آنذاك). «أنا أتكاسل هنا فحسب» علّق سمولن، «والناس يروحون ويجيئون».

مع كلّ ذلك الغدو والرواح، كيف يمكن لأيّ شخص أن ينكر مرور الزمن؟!



الفزيائيّ لي سمولن

«نحن نختبر الواقع كتعاقب من اللحظات» شرح لي سمولن ونحن نحتسي الشاي، ونقضم البسكويت بالشوكولاتة، «من الصعب أن نحدّده، لكن بأيّ حال، واضح أنّ هناك حاضراً -مهما كان محيّراً- وأن هناك ماضياً، وسيكون هناك مستقبل».

كلامه منطقيّ! قبل فترة ليست بالبعيدة، كنتُ سأقبل ما سمعتُه من فمه على أنّه حقيقة بيّنةٌ لا تحتاج برهاناً. في الواقع، ما زالت تبدو لي صحيحة!

«الحاضر يتجدّد باستمرار بينما نجلس هنا ونتحدّث. ما مثّل الحاضرَ قبل لحظة، لم يعد موجوداً» تابع سمولن، «وهذا أساسيّ بالمطلق، وهو ملمح لا يمكن اختزاله أبداً من كيفيّة إدراكنا للواقع». بمعنى آخر، مثل بنروز وباربور، يعتقد سمولن أنّ الفيزياء لم تعطِ اهتماماً كافياً للزمن، فنظريّاتنا -على جودتها- فشلت باقتناص صفة أساسيّة للغاية من صفاته، لكنّ الزمن بالنسبة له، بما فيه ذلك «الجريان» المثير للجدل، هو ببساطة حقيقيّ جداً لا يمكننا إلغاؤه أو اعتباره وهماً، لذلك لن يقبل بوجهة نظر بنروز عن عالَم عديم الزمن.

ذكرتُ له نقاشي مع جوليان باربور، حول ما إذا كان يوليوس قيصر حيّاً أو ميتاً. «أختلف مع باربور بالرأي» أجابني، «يوليوس قيصر لم يعد موجوداً»، وأضاف أنّه غير راضٍ عن التعريف الساخر الذي يقدّمه الفيزيائيّون أحياناً، ومفاده أنّ الزمن ببساطة «هو ما تقيسه الساعة»، لا أكثر. قد ينفعنا كتعريف تقنيّ، لكنّه أيضاً نوع من التهرّب «العمليّ» كما يقول، «وأنا لا أمارس هذا النوع من العمليّات» لسبب واحد، وهو أنّ هذا التعريف يتجاهل السبب والنتيجة، وكذلك «جريان الزمن» الذي طال الحديث عنه[1].

يشرح سمولن تحفظّاته في كتاب «حياة الكون» 1997: «من وجهة نظري

1- هناك مهرب آخر تقدّمه المدرسة الفلسفيّة المعروفة بالفلسفة الوضعيّة Positivism، التي تركّز على نتائج القياس وعلى الملاحظة، أكثر من محاولة تفكيك الواقع. ستيفن هوكنج على سبيل المثال قال ذات مرّة: «إن فكّرنا من وجهة نظر الفلسفة الوضعيّة -كما أفعل أنا- لا يمكن لنا أن نقول ما هو الزمن. كلّ ما يمكننا فعله، هو أن نصف ما يُعتَبر نموذجاً رياضياً جيّداً جداً عن الزمن، وأن نتكلّم عن التوقّعات التي يتنبأ بها هذا النموذج». فالك

الشخصيّة، خيالي عاجز أمام عالَم ليس فيه تغيّرٌ ولا زمن. لا أعرف إن كانت هناك حدود حقيقيّة لما يمكن لعقل الإنسان أن يتخيّله، لكنّ التفكير بهذا السؤال يقرّبني أكثر ممّا أرغب إلى حدود شيء لا يملك عقلي وسائل، ولا لغة، لفهمه». خلال لقائنا، طرحتُ فكرة أنّ جريان الزمن قد يكون خاصّة من خواصّ العقل، لا من خواصّ الكون، وأنّ التفسير المطلق لمرور الزمن قد يكون سيكولوجياً. «لقد فكّرتُ بذلك كثيراً» أجابني، «ولم أستطع التوصّل إلى هذا التفسير».

مفهوم «جريان» الزمن، بدأ يتزعزع قبل ظهور آينشتاين بزمن طويل. يمكننا القول إنّه بدأ يتقوّض بسبب أعمال غاليليو وديكارت ونيوتن، وهم عمالقة الثورة العلميّة التي خطت أولى خطواتها نحو صورة هندسيّة للزمن (رغم أنّ نيوتن هو من ذكر «جريان» الزمن في تعريفه الشهير). منذ تلك اللحظة، أصبحنا معتادين تماماً على فكرة أنّ الزمن هو خطٌّ، يمكن تمثيله بيانيّاً مثلما نرسم شعاعاً في الفضاء. إن مثّلنا الزمانَ والمكان على محورين مختلفين، يتقاطعان بزاوية قائمة، عندها نستطيع أن نرسم خطّاً يبيّن العلاقة بينهما: مثلاً، أن نرسم مخطّطاً للمسافة التي تقطعها سيّارة بسرعة معيّنة خلال وحدة الزمن[1]. معظم تلاميذ المدارس سيتقنون رسمه دون صعوبة لو طلبنا منهم، وهو مخطّط مفيد بلا شكّ، لكنّ الخطّ الذي سيرسمونه لا «يجري» بكلّ تأكيد، ولن يساعدنا على فهم جريان الزمن.

ناقشنا في الفصل السادس إلى أين يقودنا هذا التفكير: سنتصوّر الكون على أنّه نوع من المقطع block، يضمّ الكثير من «الآن»، وكلّ تلك «الآن» لها القيمة نفسها. لا يوجد جريان ينقلها من المستقبل إلى الحاضر، ولا من الحاضر إلى الماضي، وبكلّ تأكيدٍ لا توجد «الآن» شاملة توحّدنا جميعاً. كان هذا هو الاتّجاه الذي وجّهنا إليه آينشتاين عبر النسبيّة العامّة والنسبيّة الخاصّة، اللتين أظهرتا مقدار الترابط الوثيق بين الزمان والمكان. في النظريّة النسبيّة، ستختفي فكرة «الآن» العالميّة لمصلحة «الآن» الخاصّة بكلّ منّا،

1- نمثّل العلاقة عادة بخطّ يتّجه إلى الأعلى واليمين، أي أنّ المسافة تزداد مع الزمن. إن كانت سرعة السيّارة ثابتة، سنحصل على خطّ مستقيم. فالك

بحيث تكون «الآن» الخاصّة بي صحيحةً مثل «الآن» الخاصّة بك تماماً. النسبيّة تدمّر أيّ أمل باق بـ «الساعة الكونيّة» التي نظنّها موجودة، وهي تهدّد بإشاعة الفوضى في «الماضي» و«المستقبل» كذلك. هل المصطلحات مثل «الماضي» و«المستقبل» تصبح أيضاً شخصيّة؟؟ العديد من علماء الفيزياء يجيبون: نعم، نقطة انتهى! ديفيد دويتش (الفصل الثامن) واحد منهم، وهو -مثل بنروز وباربور- يعتقد اعتقاداً راسخاً أنّ جريان الزمن موجود في رؤوسنا. «نحن لا نعيش تجربة جريان الزمن أو مروره»، كما يقول في كتابه «نسيج الواقع» عام 1997، «ما نختبره هو فروقات بين إدراكِنا الراهن وذكرياتِنا الراهنة عن إدراكات ماضية، ونحن نفسّر هذه الفروقات -على نحو صحيح- بأنّها دليل على تغيّر الكون مع الزمن، كما أنّنا نفسّرها -خطأً- على أنّ وعينا، أو الحاضر، أو شيئاً ما آخر، يتحرّك عبر الزمن».

بإلغاء فكرة «جريان الزمن» كما يصرّ دويتش، يصبح مفهوم «الآن» شخصيّاً، تماماً مثل مفهوم «هنا». عندما تناقشنا في منزله في ضواحي أوكسفورد، اقترحتُ أن نرسم خطّاً زمنيّاً Timeline ونحدّد عليه السنوات: 2006، 2007، 2008... إلخ - حصل لقاؤنا عام 2007- من ثمّ سألته: ألا يمكننا أن نرسم سهماً يشير إلى 2007، وأن نسمّيه «الآن»؟ «أجل لكن انتبه!» أجابني، الإشارة إلى نقطة ما من الخطّ الزمنيّ على أنّها «هنا» منطقيّ تماماً، يكافئ أن نمسك خريطة وتشير إلى نقطة ما عليها بـ«هنا». الصفات مثل «هنا» و«الآن» كما أوضح لي، تعتمد على السياق، أي أنّها تنطبق فقط بشكل نسبيّ، لا على نحو مطلق. «إن أريتكَ خريطة للعالَم، يمكنني أن أضع إشارة عليها تقول (هنا)، وهو ما فعلتَه أنت بالضبط عندما أشرتَ إلى إحدى نقاط الخطّ الزمنيّ بـ(الآن). لا أحد يصدّق أنّ (هنا) هي في الحقيقة جزء من العالَم، أقصد جزءاً موضوعيّاً من العالَم اسمه (هنا)». من ثمّ أضاف: «هذه ليست ألغازاً، بل غرائب لغويّة!».

لم أستطع أن أجادله في منطقه، أنا أشعر بالغرابة! رغم ذلك، لو نظرتُ إلى 2007 من منظور 2008، لاكتشفتُ فوراً أنّ 2007 لم تعد تمثّل «الآن»، مع أنّها مثّلتها آنذاك! (يبدو لي أنّ هذا بالضبط هو ما حاول دويتش أن يشرحه). عندما تقرؤون هذه العبارات، ألا تبدو لكم هذه اللحظة مميّزة

على نحو ما: «الآن»؟ ألا تبدو مميّزة أكثر من الموقع: «هنا»؟ بكلّ تأكيد، موقعكم الحاليّ في «المكان» لا يطابق موقعاً يبعد عشرة أمتار إلى الشرق أو إلى الغرب، لكن لا قيمة لذلك، بإمكانكم أن تجلسوا على بعد عشرة أمتار شرقاً، أو غرباً، من موقعكم الحاليّ في هذه اللحظة إن أردتم، رغم أنّكم لا تملكون خياراً بما يتعلّق بموقعكم في الزمن: أنتم موجودون أوتوماتيكيّاً في اللحظة التي نسمّيها «الآن».

سمع دويتش هذا النقاش عشرات المرّات من قبل، ولم يتأثّر به. «يمكنك أن تقدّم وصفاً كاملاً للعالم دون أن تستخدم أبداً لا (الآن)، ولا (هنا)» كما يعلّق. (لو كنتُ أنا د. ماكوي[1]، ودويتش هو مستر سبوك، لقلتُ له: مَنْطِقكَ مربك!)

إذن، لماذا يتولّد لدينا شعور بأنّ الزمن يجري؟!

«لا أعتقد أنّ لدينا شعوراً كهذا» أجابني دويتش، «أعتقد أن فكرة الزمن الذي يجري ليست شعوراً، بل أسلوباً اعتدنا على استخدامه في الكلام. نحن لا نفكّر بالعالَم حقّاً بتلك الطريقة، بل نقول إنّنا نفعل».

تلقائيّاً، لم أستطع أن أغادر قبل أن أسأله عن رأيه بحالة يوليوس قيصر. قلتُ له، إنّني أعتقد أنّني حيّ أكثر من يوليوس.

«حسناً» أجاب، «أنت كذلكَ الآن».

مشهدُ الزمنِ

العديد من الفلاسفة وعلماء الفيزياء –خاصّة ما بعد آينشتاين– يبدون سعداء بهذه الحالة، وقد تقبّلوا بالأحرى نسخة ستاتيكيّة عن الزمن. في مقال مؤثّر عنوانه «خرافة العبور» 1951، تحدّث الفيلسوف الأمريكيّ دي. سي. ويليامز عن الزمن كأنّه شبيه جدّاً بالمكان. برأيه، عندما نتحرّك عبر أحدهما فكأنّنا نتحرّك عبر الآخر، ويمكن استعراضهما كليهما على أنهما

1- McCoy وSpock شخصيّتان من شخصيّات ستار تريك كانت علاقتهما غريبة، ويتجادلان بشكل دائم، غالباً حول موضوع من له الغلبة: المنطق أم العاطفة. المترجمة

«امتدادان مُنظَّمان»، وأيّ «جريان» يدركه المرء هو مجرّد إحساس، وليس شيئاً «موجوداً هناك». كتب ما يلي:

«هل يذهب هذا الطريق إلى أيّ مكان؟» يسأل السائحُ في إحدى المدن، «كلّا، إنّه يبقى حيث هو هنا» يجيبه ابن البلد. الزمن «يجري» فقط بمعنى الخطّ الذي ينساب، أو المنظر الطبيعيّ الذي يتراجع صوب الغرب، أي أنّه امتداد مُنظَّمٌ. كلّ منّا يتقدّم عبر الزمن فقط كما يتقدّم السور عبر مزرعة: أجزاء من وجودنا، بالإضافة إلى سور المزرعة، تشغل لحظات ونقاطاً متعاقبة لكلّ منها. هناك عبور، لكن لا شيء غيره.

الفيلسوف هيلاري بوتنام راضٍ بدوره: «أعتقد أنّ المشكلة الفلسفيّة المتعلّقة بالزمن انتهت، هناك فقط مشكلة فيزيائيّة تتعلّق بتحديد الهندسة الماديّة الدقيقة، للاستمراريّة الرباعيّة الأبعاد التي نعيش فيها»، وها هو عالِم الرياضيّات الألمانيّ هيرمان فايل يقول: «العالَم الموضوعيّ موجود ببساطة: إنّه لا يحدث! فقط عندما تتسلّق نظرةُ وعيي الخطَّ الزمنيّ لجسدي، ينبعث جزء من العالَم للحياة، كصورة هاربة في المكان الذي يتغيّر باستمرار ضمن الزمن».

حسناً، ذلك يوضّح الأمور، أليس كذلك؟! الزمن لا يجري، عوضاً عن ذلك، إنّه امتداد مُنظَّم، جزءٌ من استمراريّة رباعيّة الأبعاد، زيفٌ تخلقه نظرة الوعي... لا أريد أن أبدو متهكّماً هنا، لكن بعد كلّ شيء، يبدو لي ما سبق على أنّه الموقف السائد نفسه في كلّ من الفيزياء والفلسفة اليوم: مهما كان «الزمن»، فهو ليس شيئاً ما يجري، وهذه صفة نقرأ من خلالها ما معناه أنّه ليس شيئاً ما «موجوداً هناك»... جزء منّي يرفض هذا كلّه! الزمن يجري تماماً مثلما يتراجع مشهد طبيعيٌّ غرباً؟! قطعاً لا! المشهد الطبيعيّ رابض هناك، أمّا الزمن فيقوم بأمر مختلف تماماً: إنّه يحملني معه، أو يندفع ويتجاوزني، أو ما إلى هنالك! إنّه مشهد غريب بالفعل، يجبرنا جميعاً على المشي عبره بخطوات متقاربة، دون توقّف، ودون منعطفات تسمح لنا بالعودة من حيث جئنا. الزمن كما أتخيّله لا يشبه المشهد الطبيعيّ.

هناك قول مشهور لغاليليو مفاده أنّ الطبيعة مكتوبة بلغة الرياضيّات،

لكن كما يعلّق لي سمولن، الكينونات الرياضيّة مثل الأرقام والخطوط تبدو كأنّها خارج الزمن، أي كأنّها متجمّدة. في ورشة عمل عن الفيزياء أقامها في نيويورك مؤخّراً، قال: «نحن نختبر العالَم في زمن يبدو كأنّه مكوّنٌ من لحظات متعاقبة، لكنّ تلك اللحظات تختفي عندما نمثّل العالَم رياضيّاً»، كما أكّد في كتابه «المشكلة في الفيزياء»، أنّ علينا «إيجاد طريقة لفكّ جمود الزمن، كي نمثّله دون أن يتحوّل إلى مكان. لا فكرة لديّ عن كيفيّة القيام بذلك... أنا عاجز عن التفكير برياضيّات لا تمثّل العالَم وكأنّه متجمّد في الأبديّة». أضاف أيضاً أنّ المشكلة متداولة منذ قرون، وكلّ نظريّة جديدة ظهرتْ -بما فيها التوقّعات العظيمة في القرن العشرين- قرّبتْنا أكثر فأكثر من مفهوم خاطئ في الصميم عن الزمن. «يتنامى شعوري أكثر فأكثر، أنّ النظريّة الكموميّة والنسبيّة العامّة كلتاهما خاطئتان جوهرياً فيما يتعلّق بطبيعة الزمن» يكتب، «لا يكفي أن نوحّدهما. هناك مشكلة أعمق، قد تعود جذورها إلى أصل الفيزياء تحديداً».

لا يتفرّد سمولن بآرائه، ليزا راندل على سبيل المثال عبّرت بدورها عن شكوكها: «أتمنّى لو أنّ الزمن كان وهماً!» قالت مؤخّراً، «لكن لسوء الحظّ، إنّه يبدو حقيقيّاً تماماً». حتّى بول ديڤيس مرّ بلحظات من عدم اليقين، رغم كلّ مقالاته التي تدعم الرؤية الخالية من الصيغ النحويّة للزمن، ورغم المثال الذي أورده عن الكرسيّ الدوّار، فإنه يتساءل عمّا إذا كان هناك شيء ما ناقص من وصفنا للزمن. جاء في نهاية كتابه «عن الزمن» ما يلي:

«كفيزيائيّ، أعرف أنّ الحدس قد يضلّلنا، لكن ككائن بشريّ، أجد أنّه من المستحيل إلغاء الشعور بجريان الزمن، وبلحظات الحاضر المتحرّكة. هذا الشعور أساسيّ في تعاملي مع العالَم، لدرجة أنّ الادّعاء بأنّ الزمن مجرّد وهمٍ أو إدراكٍ خاطئ، يُغضِبني. لقد أغفلنا على ما يبدو ملمحاً هامّاً من ملامح الزمن، أثناء توصيفنا للعالَم الماديّ».

ربّما ستحمل القرون القادمة لنا معها، أجوبة مُرْضِيَة عن أسئلتنا الملحّة المتعلّقة بطبيعة الزمن. يقترح الفيزيائيّون أنّ الزمن كما نعرفه ينبثق من الرغوة

الكموميّة[1] Quantum foam، أو من أوتار مهتزّة، أو من أغشية متذبذبة، أو من «شيء ما» في لحظة البغ بانغ... لكن من فضلكم!

أعطونا المزيد من التفاصيل! كيف انبثق بالضبط؟ وما الذي يهبه الخواصَّ التي نظنّ أنّه يملكها؟ وأنتم أيّها الفلاسفة ويا علماء النفس، إن كان جريان الزمن في الحقيقة وهماً، وتركيباً بناه العقل والدماغ، من فضلكم قولوا لنا: كيف نشأ ذلك الوهم؟!

نزهة في برنستون

آينشتاين، الرجل الذي أدخل ثورة إلى مفهومنا عن الزمن قبل أكثر من مئة عام، كان في الولايات المتّحدة الأمريكيّة ضمن رحلة عمل، عندما استولى النازيّون على السلطة في بلاده. في ذلك الوقت، كان أعظمَ فيزيائيّ ما يزال على قيد الحياة، كما كان أيضاً -بسبب ظروف ولادته وحياته- أشهرَ يهوديّ في العالَم. فات الأوان إذن بالنسبة للنازيّين لمنعه من مغادرة البلاد، لذلك أغاروا على منزله خارج برلين، واستولوا على ممتلكاته. لاحقاً، أحرق أنصارهم كتبَه في محرقة عامة، وأُدرِجَت صورته ضمن قائمة بالمطلوبين من أعداء الأمّة، مرفقة بعبارة noch ungehängt (لم يُشنَق بعد!). على الفور، تخلّى آينشتاين عن جنسيّته الألمانيّة، ولم يطأ تراب ألمانيا بعد ذلك قطّ. فيما بعد، كتب رسائل عديدة كي يساعد على إصدار تأشيرات سفر للعلماء اليهود الآخرين الذين ظلّوا في ألمانيا، ممّا أنقذ حياة الكثيرين. في عام 1933، قبل عرضاً للعمل في معهد الدراسات المتقدّمة، الذي تأسّس حديثاً آنذاك في برنستون، نيوجيرسي، واستقرّ في منزل خشبيّ عتيق في شارع ميرسر مستمتعاً بعزلة المدينة الريفيّة، وظلّت برنستون موطنه طيلة الخمس والعشرين سنة الباقية من حياته.

1- على مستوى المقاييس المتناهية في الصغر (من رتبة ثابت بلانك) لا يبدو الكون متجانساً، وإنّما مؤلّف من جسيمات افتراضيّة على هيئة اضطراباتٍ شديدة عابرةٍ في شبكة الزمان-المكانيّ، تشبه فقاعات رغوة البيرة. تتقلّب تلك الفقاعات باستمرار، وتدوم جزءاً لا يكاد يُذكَر من الثانية. المترجمة

برنستون، التي تضمّ جامعة من أرقى الجامعات في الولايات المتّحدة الأمريكيّة، لم تتغيّر إلّا قليلاً بعد ما يقارب نصف قرن على وفاة آينشتاين (ما عدا مقهى ستاربكس أو اثنين). بالمقارنة مع بيرن بأيّ حال، لم تبذل المدينة أكثر من جهد بسيط، للاحتفال بذكرى أشهر مواطن من مواطنيها. بناء على طلب آينشتاين شخصيّاً، لم يتحوّل منزله إلى منزل تذكاريّ، بل ظلّ سكناً خاصّاً (ما زال يؤوي العباقرة، فقد ربح عالِم الاقتصاد الذي سكنه مؤخّراً جائزة نوبل!). في شارع ناسو، أنشأ نادي التاريخ المحليّ متحفاً صغيراً يضمّ مجموعة من تذكارات آينشتاين، وفي عام 2005 -الذي وافق الذكرى المئويّة لسنة المعجزة الخاصّة بآينشتاين- نصبت مجموعةٌ من المواطنين تمثالاً نصفيّاً برونزيّاً لآينشتاين أمام مبنى البلديّة.



آينشتاين كان مدركاً تماماً للصورة الغريبة الجديدة للزمان والمكان التي تطرحها نظريّة النسبيّة، وربّما لم يكن مرتاحاً إليها كليّاً، لكنّه لم يكن وحيداً في معاناته، فقد انطبعت آراؤه في أواخر حياته بنقاشاته مع عالِم المنطق النمساويّ اللّامع كورت غودِل (1906–1978). غودل فرّ بدوره من النازيّين، واجتاز سيبيريا بالقطار، من ثمّ أبحر إلى أمريكا، وظفر بمنصب أكاديميّ في نهاية المطاف جنباً إلى جنب مع آينشتاين،

في معهد برنستون للدراسات المتقدّمة عام 1941، وسرعان ما أصبح الرجلان صديقين حميمين. لا يسعني إلّا أن أتساءل هل لفتا الأنظار إليهما، أم تجاهلهما الناسُ ببساطة وهما يتمشّيان كلّ يوم من وإلى المعهد، ويناقشان أسرار الكون -باللغة الألمانيّة بالطبع- بينما يتنزّهان في شوارع برنستون الخضراء.

لم تحظَ صداقة الرجلين باهتمام أكاديميّ، إلى أن جعلها الفيلسوف بال يورغرو محوراً لكتابه «عالَم من دون زمن» 2005. في عالَم الرياضيّات، غودل مشهور بالدرجة الأولى بسبب «مبرهنات عدم الاكتمال[1]» incompleteness theorems التي اعُتبرت فتحاً علمياً آنذاك عندما طوّرها في حقبة 1930، ووضعتْ قيوداً أساسيّة على امتداد المنظومات الرياضيّة. وضّح يورغرو في كتابه أنّ غودل تناول المسائل الفيزيائيّة أيضاً، بما فيها نتائج نظريّة النسبيّة العامّة، فقد فكّر في «الأكوان الدوّارة» الي تصفها النظريّة، وكان بين أوائل من شغلهم موضوع «الحلَقات المغلقة الشبيهة بالزمن»، والمشاكل المترافقة مع السفر عبر الزمن، كما أرّقته على وجه الخصوص تأثيرات النظريّة النسبيّة على الزمن. كلّ من غودل وآينشتاين تساءل ماذا يعني أن تكون «الآن» شخصيّة، أي أن تصبح «الآن» مجرّد «هنا»، لكن غودل سبق آينشتاين بخطوة عندما استنتج أنّ الزمن لا يمكن أن يكون حقيقيّاً، تماماً كما فعل بارميندس وماك تاغارت من قبله.

آينشتاين من ناحيته لم ينبذ فكرة الزمن كليّاً، بل تصارع مع مفهوم الزمن الذي لا يجري، ومع إلغاء «الساعة الكونيّة» التي تعلن عن كلّ واحدة من «الآن» بأسلوب قطعيّ صريح، ومع كونٍ يملك كلّ حدث فيه ماضياً ومستقبلاً، لكن لا وجود فيه للماضي المطلق، أو المستقبل المطلق. يبدو لنا اضطراب يورغرو محسوساً في وصفه لتلاقي هذين العقلين العظيمين في

1- تستنتج المبرهنة أنّه ضمن أي منظومة صوريّة من البديهيات، الرياضيّات على سبيل المثال، هناك أسئلة لا يمكن إثباتها ولا تفنيدها على أساس البديهيّات التي تعيّن المنظومة، أي بعبارة أخرى، أثبت غودل وجود مسائل لا يمكن حلّها باستخدام أيّ مجموعة من القواعد أو الإجراءات، على عكس الاعتقاد الشائع آنذاك أنّ كلّ المسائل قابلة للحلّ. المترجمة

متصف القرن العشرين، إذ هل يمكن للماضي والمستقبل أن يكونا حقيقيّين تماماً مثل الحاضر؟! نقرأ في كتابه ما يلي:

هل ينبغي أن أتساءل ماذا أطلب للإفطار البارحة أو غداً، أم يجب عليّ إلغاء الطلبين لأنّ الطعام سبق أن وصل؟! بما أنّ الحاضر والماضي حقيقيّان بالدرجة ذاتها، وأنا ما زلتُ مستلقياً على الشاطئ كما كنتُ في الصيف الماضي، لماذا أعرّف نفسي بـ«أنا» واحدة فقط ترتجف من البرد حالياً؟! هل هناك العديد من «الأنا» بقدر ما توجد لحظات في الزمن؟! وإن صحّ هذا، هل هي كلّها أنا، أم أنّها أجزاء منّي؟!ها هو جذر المشكلة: النظريّة النسبيّة تضع جميع اللحظات على قدم المساواة فيما بينها، أمّا أن نكون بشراً فيعني أنّ اللحظات غير متساوية بالنسبة لنا. عندما قال ديكارت «أنا أفكر إذن أنا موجود»، كان بإمكانه أن يقول: «أنا أفكّر، لذلك أنا موجود الآن». كلّ ما يتعلّق بالتجربة الإنسانيّة، يتطلّب منّا ذاك الاهتمام الخاصّ الذي نبديه تجاه اللحظة الراهنة، ولو ألغينا الحالة الخاصّة التي تتمتّع بها «الآن»، لأصبح نهر الزمن عبارة عن مقطع تتماثل أجزاؤه جميعها. ربّما يقودنا هذا الأمر إلى تشكيلة «الآن» اللّانهائيّة التي صاغها جوليان باربور، والتي تكتمل بتشكيلة لا نهائيّة من الجوليانيّين الباربوريّين، وكذلك السلسلة (ب) لجون ماك تاغارت التي تضمّ الكثير من الأحداث، لكن «لا يحدث شيء فيها أبداً»، وإلى اكتشاف أنّ «الآن» هي مجرّد صفة شخصيّة على حدّ قول ديفيد دويتش...

هل ما سبق هو ما أورثتنا إيّاه ثورة آينشتاين العلميّة؟! وإن كان ذلك صحيحاً، لماذا نشعر كأنّنا نستوطن «الآن» وحيدة لا غير؟! هل سنحصل على الإجابة عندما نفهم الوعي البشريّ، كما يقترح روجر بنروز؟ لا عجب أن يورغرو يتوق إلى معرفة الكلمات التي دارت بين آينشتاين وبين غودل، في تلك المساءات النائية في برنستون. «ثقة العقل الشعبيّ -وغير الشعبيّ- مخطئة باعتقادها أنّ كلّ شيء كان على ما يرام -مؤقّتاً- بين الدكتور آينشتاين والكون» يكتب، «لم تكن علاقتهما على ما يرام مطلقاً!».

من المثير أن نسمع رأي آينشتاين عن كلّ تلك الأمور بكلماته هو. لسوء حظّنا، صحيح أنّه كتب بإسهاب عن مواضيع متنوّعة: الفيزياء، السياسة،

حقوق الإنسان، الدين... إلخ، لكن ليس بين أيدينا إلّا تلميحات عن أفكاره حول موضوع اختفاء الزمن. كما ناقشنا في الفصل السابع، نوّه آينشتاين بـ «شعور شخصيّ بدائيّ» بجريان الزمن، وهو شعور «يسمح لنا بترتيب انطباعاتنا، كي نحكم أنّ حدثاً ما حصل أوّلاً، ومن ثمّ تلاه حدث ثانٍ». هناك تلميح آخر قد يكون أكثر أهميّة، ذكره الفيلسوف الألمانيّ المولد رودولف كارناب (1891–1970) الذي نجح بالفرار من ألمانيا بعد استيلاء النازيّين على السلطة، وانضمّ إلى آينشتاين لفترة وجيزة في برنستون، قبل أن ينتقل إلى ولاية كاليفورنيا للعمل في جامعة كاليفورنيا - لوس أنجلوس. في مقالة تناولت سيرته الذاتيّة، يعلّق كارناب على نقاش دار بينه وبين آينشتاين في بدايات حقبة 1950:

ذات مرّة، قال آينشتاين إنّ مسألة «الآن» تقلقه جدّيّاً، وشرح أنّ تجربة «الآن» تعني شيئاً مميّزاً للإنسان، شيئاً مختلفاً اختلافاً جذريّاً عن الماضي والمستقبل، لكنّ هذا الاختلاف الهامّ لم يظهر، ولا يمكن أن يظهر ضمن الفيزياء. كما قال إنّ هذه التجربة التي لا يمكن للعلم أن يحيط بها، تبدو له نوعاً من الاستسلام الموجع، لكن الحتميّ.

ردّ عليه كارناب بأنّ الفيزياء بلا شكّ، تستطيع أن تشرح تعاقب الأحداث الذي نراه في الطبيعة، لكنّ السيكولوجيا هي المخوّلة بالتصدّي لـ «غرائب تجربة الإنسان بما يتعلّق بالزمن، ومن ضمنها مواقفه المختلفة تجاه الماضي والحاضر والمستقبل». أصغى آينشتاين، من ثمّ قال: «هناك شيء ما أساسيّ في (الآن)، وهو خارج نطاق العلم».

كان ذلك صوت -أو على الأقلّ، صدى صوت- آينشتاين المرتاب، آينشتاين الذي نفترض أنّه آمن بكلّ ما جاءت به نظريّته، وإذ به يتساءل إن كانت ما تزال ناقصة!

هناك مقطع آخر كتبه آينشتاين لاحقاً، يحبّ المؤلّفون وكتّاب السير الذاتيّة اقتباسه دائماً، وهو مؤلّف من عدّة جمل سنقرأها بكلّ تأكيد في أيّ كتاب عنه. في كلماته الحزينة، نسمع رجلاً مختلفاً كليّاً، رجلاً يبدو -يا للمفاجأة!- مؤمناً أكثر بالعالَم الغريب الذي ساهم بخلقه. تلك الكلمات

مصدرها رسالة كتبها قبيل موته، فقد توفّي ميشيل باسو صديقه الحميم وزميله السابق في مكتب براءات الاختراع، فما كان من آينشتاين إلّا أن كتب رسالة عزاء إلى عائلة باسو، موقّعة بتاريخ 21 آذار 1955 -أي قبل شهر تقريباً من وفاة آينشتاين- وجاء فيها:

«الآن، وقد غادر هذا العالَم الغريبَ قبلي بقليل، هذا لا يعني شيئاً. بالنسبة لنا نحن الفيزيائيّين المؤمنين، الفرق بين الماضي والحاضر والمستقبل هو مجرّد وهم عنيد».

* * *



في مديح الكتاب

دان فالْك هو كاتب مدهش، لا يمكنك أن تترك كتابه هذا من يدك قبل أن تنهيه، وفيه يغطّي مواضيع متنوّعة مشوّقة تبدأ قبل التاريخ وتنتهي في المستقبل البعيد. الزمن هو سلعة غامضة: نحن نكسبه، ننفقه، نوفّره، نضيّعه... إنّما يجب على كلٍّ منّا أن يجد وقتاً لقراءة «في البحث عن الزمن».

السير مارتن ريس، عالم فلكٍ ملكيّ، ومؤلّف كتابي «ستّة أرقام فقط» و«ساعتنا الأخيرة».

* * *

رحلة ممتعة طاغية عبر لغز مثير من ألغاز الحياة. «ما هو الزمن؟ أنا أعرف الجواب إن لم يسألني أحد»، تحسّر القديس أوغسطين من هيبو بأسى، «لكن لو أردتُ أن أشرحه لمن يسأل، لن أعرف كيف!». من منّا لن يتعاطف مع محنة القديس أوغسطين؟! الزمن مألوف للغاية وغامض جدّاً في الوقت ذاته، وغير ملموس. نقول إنّه يجري مثل النهر، لكنّ النهر ذاك يتحوّل إلى سراب عندما نحاول أن نفحص جريانه. لا عجب أنّ فكرة «الزمن» عذّبت الشعراء والفلاسفة والعلماء طيلة قرون.

* * *

المراجعة الممتازة من Publishers Weekly

يبدأ فالك رحلته من مدفن عمره خمسة آلاف عام في درويدا، إيرلندا، تضيئه الشمس في يوم الانقلاب الشتويّ فقط، ويطرح سؤاله: ما هو الزمن؟

يجمع فالك بسلاسة ما بين العلوم والآداب والملاحظات الفلسفيّة، ويتطرّق إلى مواضيع ساحرة مثل أصل الماضي والمستقبل، وغرائب الذاكرة، وسلوك الطيور عند وقت الفطور، ثمّ ينهي وليمته الفكريّة هذه ذات الأطباق العديدة، بطرح التناقض بين آراء نيوتن عن الزمن «المطلق، والحقيقيّ، والرياضيّ»، وكلمات آينشتاين الأخيرة عام 1955: «الحدود بين الماضي والحاضر والمستقبل هي وهمٌ عنيد»، ويعرّج على التكهنات الراهنة حول الثقوب السوداء، ومستقبل الكون.

* * *

The Glope and Mail

«دان فالك صحفيّ يكتب في مجال العلوم، وهو كاتب جيّد»، كتب كريستوفر دودني (الذي كتب بدوره عن الزمن أيضاً) في مراجعة عنوانها «رحلة توضيحيّة عبر الزمن»: الزمن هو موضوع ضخم، لكنّ دان فالك تصدّى له، كما اشتغل على البحث والتقصّي بعمق وتركيز. كتابه يضمّ الكثير من المقابلات الممتعة مع العلماء»، والفصل الختاميّ «الوهم والواقع» هو أكثر ما جذب انتباه دودني: جزء منه ميتافيزيقيّ، جزء منه فلسفيّ، وجزء آخر مرعب! فالك يقدّم لنا بعض النظريّات التي تسبّب الصدمة حول طبيعة الزمن وهويّة الإنسان ووجوده. علماء الفيزياء يستفيضون بالشرح عن نظريّة (انسداد الزمن)، وهي النظريّة التي تجعل الماضي موجوداً بالتوازي مع الحاضر والمستقبل في امتداد واحد لا وقت فيه. هذا الكتاب هو بالفعل غذاء للعقل!

* * *

The Ottawa Citizin

كتاب فالك هو ما يجدر بكتاب ستيفن هوكنج «تاريخ موجزٌ للزمن» أن يكونه. الفصل الذي يتناول فيه آينشتاين، هو أوضح شرح لنظريّة النسبيّة الخاصّة أستطيع تخيّله، القدرة على الكتابة بهذا الوضوح هي موهبة...

فالك يملك أدوات خفيّة خاصّة، يستخدمها لشرح عدد كبير من المفاهيم الأساسيّة في علم الفلك والفيزياء، بأقلّ قدر ممكن من التعقيد: السنوات الضوئيّة، قوانين الحركة التي وضعها نيوتن، سرعة الضوء، البغ بانغ، قوانين الترموديناميك... وكلّها ليست سهلة، لكنّ فالك يتناولها بأسلوب مفهوم ومدهش.

* * *

New Scientist

إدراكنا للزمن، يترابط بشكل صميميّ مع معنى أن نكون بشراً: الوعي بالزمن، ينجم عن وعي الإنسان بأنّه كائن فانٍ. تعريف الزمن هو تعريف مراوغ، لكنّ دان فالك مصمّم على تتبّع أثره. في هذا الكتاب السلس، الثريّ، الذي يحفّزنا على التفكير، يستقصي فالك محاولات البشريّة لتسجيل وفهم الزمن، ويطرح أسئلة مدهشة: كيف يعرف الدماغُ الوقتَ؟ هل الزمن ملمح من ملامح العالم، أم من ملامح العقل البشريّ؟ للإجابة، يتّجه فالك إلى الفلسفة وإلى الفيزياء، حيث لا يوجد إلّا أمرٌ واحد مؤكّد: «الزمن ليس ما نعتقده» كما يقول روجر بنْروز.

* * *

The San Francisco Chronicle

«دان فالك كاتب ممتع، يتعامل بلا خوف مع مواضيع تشلّ الدماغ» تكتب ماري إيزنهارت في سان فرانسيسكو كرونيكل. «استعداد فالك لتناول موضوعه من وجهات نظر متعدّدة هو قوّة حقيقيّة، وعندما يصل إلى لبّ الموضوع في الفصول المعنونة بـ«زمن إسحاق»، و«زمن آلبرت»، و«العودة إلى المستقبل» الذي يدور حول السفر عبر الزمن، ستكمل وجهاتُ النظر تلك بعضها بعضاً، لخلق تأثير تنويريّ مهمّ.

* * *

المراجع

المقدّمة

1. **«If we are aware of anything...»** Lucas (1973), p. 8.
1. **«Time passes. Listen...»** Thomas, Dylan. *Under Milk Wood.* London: J.M. Dent & Sons, 1954. p. 3.
1. **«I've completely solved...»** quoted in Calaprice (2005), p. 216.
2. **«Even when it is dark...»** Aristotle, *Physics,* quoted in Lucas (1973), p. 12.
4. **«What, then, is time?...»** St. Augustine, *Confessions* (11:14), http://www.leaderu.com/cyber/books/augconfessions/bk11.html.

الفصل الثاني

9. **«The first grand discovery was time...»** Boorstin (1983), p. xvii.
10. **«Their tools were stone and wood...»** Clare Tuffy interview, May __, 2007.
11. **«As an astronomer...»** Tom Ray interview, May __, 2007.
11. **«There can be no doubt...»**Andrew B. Powell, «Newgrange – Science Or Symbolism,» *Proceedings of the Prehistoric Society,* vol. 60 (1994), pp. 85–96, p. 86.
13. **«At exactly 8:54 hours GMT...»** Quoted in Ruggles (1999), p. 17.

16. **«... probably had a rudimentary conception of time...»** John Shea interview,
17. **«There could be no more compelling...»** Klein (2002), p. 189.
19. **«... first appearance of religious ideologies.»** Mithen (1996), p. 174.
19. **«these advantages were paid for...»** Fraser (1987), p. 14.
20. **«I believe that what we have...»** Anthony Aveni interview, _______.
21. **«Fitting an artifact...»**Aveni (1995b), p. 70.
23. **«... one of the most notorious examples...»** Clive Ruggles, «Astronomy and Stonehenge,» *Proceedings of the British Academy,* vol. 92 (1997), pp. 203–229, p. 203.
24. **«Statistically, the odds are in favour...»** Burl (1976), p. 53.
24. **If the builders were thinking astronomically...** Joshua Pollard and Clive Ruggles, «Shifting Perspectives: Spatial Order, Cosmology, and Pattern of Depositions At at Stonehenge,» *Cambridge Archaeological Journal,* vol. 11, no. 1 (2001), pp. 69–90, p. 71
25. **«But even if no eclipse...»**Aveni (1995a), p. 25.
25. **«I am convinced...»**Aveni (1995a), p. 31.
25. **No wonder that, in the Middle Ages...** Colin Renfrew, «Setting the Scene: Stonehenge in the Round,» *Proceedings of the British Academy*, vol. 92 (1994), pp. 3–14, p. 4.
25. **«... the cremated remains...»** Philip Jackman, «A mystery solved?» *The Globe and Mail,* May 30, 2008, p. A2.
26. **«... a place of social gathering...»**Aveni (1995a), pp. 26–27.
26. **«a reference to the past...»** Pollard and Ruggles, p. 80.

26. **«Stonehenge always embodied...»** ibid., p. 87.
26. **«... timeless frame of reference...»** Alasdair Whittle, *Proceedings of the British Academy,* vol. 92 (1994), pp. 145–66, p. 163.
27. **«... the earliest genuine depiction...»** quoted in Tony Paterson, «Gold star chart points way to German 'Stonehenge,'» *The Daily Telegraph,* Oct. 6, 2002 (online edition).
27. **... the Towers of Chankillo** Ivan Ghezzi and Clive Ruggles, «Chankillo: A 2,300–Year–Old Solar Observatory In in Coastal Peru,» *Science,* vol. 315, no. 5816 (March 2, 2007), pp. 1239–43

الفصل الثاني

33. **«This year has an additional...»** quoted in Robert Hannah, «The moon, the sun, and the stars,» in McCready (2001), p. 59.
34. **Yet centuries would pass...** Duncan (1998), p. 17.
35. **«... to increase or decrease taxes...»** ibid., p. 30.
35. **«... a certain rule to make...»** Plutarch, *Lives,* (ed. Charles E. Eliot). Danbury, Conn.: Grolier Enterprises, 1980, p. 311.
36. **«the last year of confusion.»** Duncan (1998), p. 33.
36. **«had been thought of as a...»** ibid., p. 37.
37. **... a «suburb» of Machu Picchu...** Thomas H. Maugh II, «Lost Incan 'suburb' in Andes rediscovered,» *The Boston Globe,* Nov. 9, 2003 (online edition).
38. **«... overly precise...»** Duncan (1998), p. 138.
39. **«the Maya divine temporal...»**Aveni (1995a), p. 108.
39. **«... apples with oranges»** Duncan (2000), p. 186.
40. **«the king came to be...»** David Stuart, «Kings of Stone,» *Res: Anthropology and Aesthetics,* Spring/ Autumn 1996, pp. 149–72, pp. 165–66.
40. **«The Maya were fatalists...»**Aveni (1995a), p. 102.

41. **«This is the guy...»** David Stuart interview, _______.

44. **The Beatles song...** Steel (2000), p. 73.

46. **«invented a reason to disagree with...»** Steel (2000), p. 98.

47. **... between the Catholic Curch and science** see, for example, John L. Heilbron, *The Sun in the Church: Cathedrals as Solar Observatories.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1999.

50. **«... a Trojan horse...»** quoted in Duncan (1998), p. 213.

50. **The bill passed...** ibid., p. 225.

50. **Again, ordinary people balked...** ibid., p. 228.

الفصل الثالث

52. **«... hung a great silver chain...»** Jonathan Swift, *Gulliver's Travels,* (ed. John Hayward). New York: Random House, 1939. p. 30.

53. **He's said to have enjoyed...** Geoff Chester, «Lighthouse of the skies,» *Astronomy,*Aug. 2007, pp. 58–63; www.usno.navy.mil.

53. **«... seduced by the timekeeping art...»** Demetrios Matsakis interview, _______.

57. **... thirteen kinds of sundials...** Boorstin (1983), p. 28.

57. **«Confound him, too...»** quoted in McCready (2001), p. 121; Boorstin (1983), p. 28.

58. **When European clocks arrived...** Boorstin (1983), p. 61.

59. **«The tick–tock of the clock's...»** ibid., p. 39.

59. **«Here was man's declaration...»** ibid., p. 39.

60. **... was installed at Dunstable Priory...** Dale (1992), p. 20.

60. **«There is no doubt in my mind...»** Bryson, Bill, *Notes from a Small Island.* New York: Harper Collins, 1995 (2001 ed.), p. 86.

61. **«Of course a clock working for...»** John Plaister interview, _______.

63. **«We always say he should have...»** Frances Neale interview, _______.

63. **It even had a tiny alarm...** Landes (1983), p. 87.

63. **«was more a consequence...»** Sara Schechner, «The time of day,» in McCready (2001), pp. 121–139, p. 134.

64. **... historian Alfred Crosby...** Crosby's idea is summarized in Anthony Aveni, «Time's Empire,» *Wilson Quarterly,* vol. 23, no. 3 (1998), pp. 44–57.

64. **«In a relatively brief span of years...»** Anthony Aveni, «Time's Empire,» p. 47.

64. **«To redeem time is to see that...»** from Baxter's «Christian Directory» of 1664, quoted in Whitrow (1988), p. 160.

65. **It may not be a coincidence that...** Boorstin (1983), p. 72; McCready (2001), p. 166.

66. **Charles II appointed John Flamsteed...** Eric G. Forbes, Greenwich Observatory, vol. 1. London: Taylor & Francis, 1975. p. 19–20.

68. **«Poor old Harrison spent...»** Jonathan Betts interview, _______.

70. **«Steam power was the driving force...»**Whitrow (1988), p. 160.

70. **«The clock, not the steam engine...»** quoted in Whitrow (1988), p. 164.

71. **«What changes may now occur...»** quoted in Blaise (2000), p. 140.

72. **London time is kept at all stations...** quoted in Thelma C. Landon, «The Father of Standard Time,» *Canadian Geographic,* Feb./Mar. 1990, pp. 74–81, p. 76.

73. **... French time was officially...** Blaise (2000), p. 206.

23. **... was a Western creation...** See Nicholas Hune–

Brown, «Timing is Everything,» *The Toronto Star,* Nov. 4, 2007, p. D1, D9.

74. **«Sunrise in Atlanta is at a...»** Michael O'Malley interview, _______.
75. **The best of them could keep time to...** Dale (1992), p. 60.
76. **... atomic fountain clocks...** See, for example, Quinn Norton, «How Super– Precise Atomic Clocks Will Change the World in a Decade,» *Wired* (online), Dec. 12, 2007.
76. **Researchers at the University of Tokyo...** Paul Marks, «The Most Accurate Clock of All Time,» *New Scientist,* May 18, 2005 (online edition).
76. **... In fact, the day is getting longer...** Dale (1992), p. 61.
77. **Without these corrections...** Michelle Stacey, «Clash of the Time Lords,» *Harper's Magazine,* Dec. 2006, pp. 46–56, p. 50.
77. **The international body that decides such matters...** Michelle Stacey (2006), p. 56.

الفصل الرابع

79. **«In view of all you have to do...»** quoted in Whitrow (1988), pp. 110–11.
80. **«... prisoners of the present...»** quoted in Carl Honoré, «Slowing the world,» *The National Post,* Jan. 26, 2002, pp. B1, B6.
80. **«There isn't enough time...»** quoted in Alexandra Gill, «Sleep no more,» *The Globe and Mail,* April 1, 2006, p. F9.
80. **Chaucer had no notion...** Macey (1994), p. 443.
80. ***nunc et in hora mortis nostrae*** The text of the prayer has evolved over the centuries; the modern version, quoted abovehere, dates from the mid–16th sixteenth century.

82. **«... woven together as if in...»** David Pankenier interview, _______.

82. **«temporal harmony within the person...»** Fraser (1987), p. 19.

82. **In the Hindu faith, cyclic time...** Gorst (2001), p. 4; also John Bowker (ed.) (ed.), *The Oxford Dictionary of World Religions.* Oxford: Oxford University Press, 1997, p. 980.

83. **«One plunges into time's...»** Philip Novak, «Buddhist Meditation and the Consciousness of Time,» *Journal of Consciousness Studies,* vol. 3, no. 3 (1996), pp. 267–277, p. <CATCH>.

83–84 **«The temporal logic seems to be...»**Aveni (1995b), p. 171.

84. **«... he will probably tell you...»**Aveni (1995a), p. 93.

85. **«[For] these frequently mobile...»** Aveni (1995a), p. 93; see also. Gell (1992), pp. 300–305.

85. **«In the Umeda 'week'...»** Gell (1992), p. 88.

85. **«... the moon is like a tuber...»** Gell (1992), p. 291.

86. **«The role played by the first wife...»** Chap Kusimba interview, _______.

86. **«a long *past*, a *present*...»**John Mbiti, *African Religions and Philosophy*. New York: Praeger Publishers, 1969, p. 17.

86. **«*Actual time* is therefore...»** ibid., p. 17.

86. **Mbiti's views have received...** John A.A. Ayoade, «Time in Yoruba Thought,» in Richard A. Wright (ed.), *African Philosophy: An Introduction.* Washington: University Press of America, 1979, p. 95.

87. **«There is no concept of time...»** Pritchard (1997), p. 11.

87. **«... contains no words...»** This is Whitrow's summary of Whorf's conclusions, in Whitrow (1988), p. 8.

87. **«Hopi is not a timeless...»** Gell (1992), p. 127.

87. **«... have successfully developed...»**Whitrow (1988), p. 9.

88. **... the Aymara point forward...** Rafael Núñez and Eve Sweetser, «With the Future Behind Them: Convergent Evidence From Aymara Language and Gesture in the Crosslinguistic Comparison of Spatial Construals of Time,» *Cognitive Science,* vol. 30 (2006), pp. 401–450.
89. **«Aboriginal concepts of time...»** Howard Morphy, «Australian Aboriginal Concepts of Time,» in Lippincott (2000), p. 267.
89. **«... Jerusalem in about the year A.D. 29...»** Brandon (1965), p. 29.
89. **«time, place and people were...»** Mike Donaldson, «The End of Time? Aboriginal temporality and the British invasion of Australia,» *Time & Society,* vol. 5, no. 2 (1996), pp. 187–207, p. 193.
90. **«There is no fairyland...»** Gell (1992), p. 315.
91. **«They define each other...»** quoted in Danielson (2000), p. 38.
92. **«Socrates and Plato and each...»** quoted in Caveny and Highfield (1990), p. 26; Whitrow (1988), p. 43.
93. **«One might wonder whether...»** quoted in Barnes (1997), p. 88.
93. **«there is a circle...»** quoted in Coveney and Highfield (1990), p. 25.
93. **«We must say that the same...»** quoted in Whitrow (1988), p. 46.
94. **«just as in this age...»** quoted in Gorst (2001), p. 7.
94. **«... dissociated time from human events...»** quoted in Whitrow (1988), p. 127.
95. **«clock and calendar time»** John Postill, «Clock and Calendar Time: A missing anthropological problem,» *Time & Society,* vol. 11 11, no. 22002) 3/), pp. 251–270, p. 251.
95. **«'chronoclasm' – the intentional destruction...»** ibid., p. 252.
96. **«altered everyday work...»** ibid., p. 255.

96. **«While other countries...»** Nishimoto Ikuko, «The 'Civilization' of Time: Japan and the adoption of the western time system,» *Time & Society*, vol. 63, no. 23/ 1997)), pp. 237–259, p. 239.
96. **In 1873, a textbook...** ibid., p. 250.
96. **«anywhere else in the world...»** quoted in Brigitte Steger, «Timing Daily Life in Japan,» *Time and Society*, vol. 15, no. 22006) 3/), pp. 171–175, p. 171.
97. **Levine does not probe this...** Levine (1997), p. 10.
97. **«... the train left late...»** ibid., p. 6.
98. **«When we attribute...»** ibid., p. 203.
98. **«American Indians like to...»** ibid., p. 10.
98. **... in Spanish, the same verb...** ibid., pp. 94–5.
98. **«While it is apparently okay...»** «Inuit artist accuses CRA staff of writing racist tax memo,» www.cbc.ca, Oct. 26, 2007.
98. **The Kapauka people...** Levine (1997), p. 14.
99. **«Our century, which began...»** quoted in Wendy Parkins, «Out of Time: Fast subjects and slow living,» *Time & Society*, vol. 13, no. 22004) 3/), pp. 363–382, p. 372.
99. **«Have I gone completely...»** quoted in Zsuzsi Gartner, «What's your big hurry,» *The Globe and Mail*, May 15, 2004, p. D6.
100. **«a bubble in which...»** Kate Zernicke, «Calling In in Late,» *The New York Times*, Oct. 26, 2003, Section 9, p. 1, p. 11.

الفصل الخامس

101. **«Memory's vices are also...»** Schacter (1996), p. 206.
101. **«To think...»** quoted in Joshua Foer, «Remember This,» National Geographic, Nov. 2007, p. 54.
101. **«I would query by what...»** quoted inWhitrow (1972), p. 28.

102. **«the astonishing hypothesis»** Francis Crick, *The Astonishing Hypothesis,* New York: Macmillan, 1994.

103. **«Many complex human behaviors...»** «How Does Your Brain Tell Time?» Press release from the University of California in Los Angeles, Jan. 29, 2007; see also David M. Eagleman et al, «Time and the Brain: How Subjective Time Relates to Neural Time,» *The Journal of Neuroscience,* vol. 25, no. 45 (Nov. 9, 2005), pp. 10369–10371.

103. **«How internal clocks...»** Suddendorf and Corballis, «The evolution of foresight: What is mental time travel and is it unique to humans?» *Behavioral and Brain Sciences,* in press (2007).

103. **«suprachiasmatic nucleus»** Ralph Mistlberger, «Keeping time with nature,» in McCready (2001), p. 33.

103. **«contributing to an emerging picture...»** David Eagleman (2005), p. 10369.

104. **«Despite its importance...»** ibid.

104. **«Considering this, I say,...»** quoted in Whitrow (1972), p. 28.

104. **«... the workings of memory...»** Several recent books by distinguished scientists do attempt such an overview. Particularly noteworthy are neuroscientist Eric Kandel's *In Search of Memory* (2006) and psychologist Daniel Schacter's *Searching for Memory* (1996).

106. **«to wonder about things like...»** quoted in Barbara Turnbull, «Mastering the mind,» *The Toronto Star,* Sept. 16, 2006 (online edition).

106. **«Most forms of memory...»** Endel Tulving, lecture at the University of Toronto, Sept. 25, 2007.

106. **«Remembering, for the rememberer...»** quoted in Schacter (1996), p. 17.

107. **«provides increased behavioural...»** Suddendorf and Corballis (2007).

107. **«What is the benefit of knowing...»** Tulving lecture (2007).

107. **Brain imaging studies have shown that...** Daniel L. Schacter et al, «Remembering the past to imagine the future: the prospective brain,» *Nature Reviews – Neuroscience,* vol. 8 (Sept. 2007), pp. 657–661; for a popular account, see Jessica Marshall, «Future recall,» *New Scientist,* 24 March 2007, pp. 36–40.

107. **«as a fundamentally prospective...»** Daniel Schacter (2007), p. 660.

107. **«We tend to think of...»** Daniel Schacter interview, ________.

108. **«... part of a more general toolbox...»** Suddendorf and Corballis (2007); see also Schacter (1996).

109. **«completely rooted in the present...»**William A. Roberts, «Are Animals Stuck in Time?» *Psychological Bulletin,* vol. 128, no. 3 (2002) pp. 473–489, p. 473.

109. **«... a shell of a person...»** Schacter interview (2007); see also Barbara Turnbull (2006).

109. **«Without memory, E. P....»** Joshua Foer, «Remember This,» *National Geographic,* Nov. 2007, pp. 32–56, p. 37, 40, 55.

110. **«... stuck in the present...»** This idea has been expressed by Endel Tulving, Sue Savage–Rumbaugh, Merlin Donald, and others; for an overview, see Thomas Suddendorf and Michael C. Corballis, «Mental Time Travel and the Evolution of the Human Mind,» *Genetic, Social, and General Psychology Monographs,* Vol,ol. 123, no. 2 (1997), pp. 133–167.

110. **«Remembering past events...»** quoted in William A. Roberts (2002), p. 473.

110. **«'linguistic outputs' of trained...»** Suddendorf and Corballis, 2007.

111. **«But what are they thinking about?»** quoted in Eric Jaffe, «Mental Leap: «What apes can teach us about the human mind,» *Science News*, vol. 170, no. 10 (Sept. 2, 2006), online edition.

111. **the birds will recover...** Originally published in *Nature;*, these results are summarized in Nicola S. Clayton et al, «Can animals recall the past and plan for the future?» *Nature Reviews – Neuroscience,* vol. 4 (Aug. 2003), pp. 685–691.

112. **Because the birds were not...** C.R. Raby et al, «Planning for the future by western scrub–jays,» *Nature,* vol. 445 (22 Feb. 2007), pp. 919–921; also discussed in Suddendorf and Corballis (2007); Carl Zimmer, «Time in the Animal Mind,» *The New York Times,* April 3, 2007 (online edition).

112. **«can spontaneously plan for tomorrow...»** C.R. Raby et al (2007), p. 919.

112. **«can anticipate and plan for...»**William A. Roberts, «Mental Time Travel: Animals Anticipate the Future,» *Current Biology,* vol. 17, no. 11 (2007), pp. 418–420, p. 418.

112. **«may be aware of only...»**William A. Roberts (2002), p. 486.

112. **«the ability to manage past...»** Thomas R. Zentall, «Mental time travel in animals: A challenging question,» *Behavioural Processes,* vol. 72 (2006), pp. 173–183, p. 173.

112. **«unconvinced that any of these...»** Suddendorf and Corballis (2007).

112. **Suddendorf and Corballis insist...** Suddendorf and Corballis (2007).

113. **He says he is glad...** Tulving lecture (2007).

113. **«It emerged more recently...»** Tulving lecture (2007).

113. **«To entertain a future event...»** Suddendorf and Corballis (2007).

114. **«It is interesting to note that...»** Whitrow (1988), pp. 5–6.

114. **Another ability that may be...** This has been investigated by H.M. Wellman, J. Perner, and others, and is summarized in Suddendorf and Corballis (2007).

114. **«... the ultimate step...»** ibid.

114. **Not that every realization...** ibid.

115. **«... because of continued...»** ibid.

115. **«The mental reconstruction of past...»** ibid.

115. **Although young children can...** Charles Nelson, «Ask Discover: Why don't we remember things from when we were babies?» *Discover* Feb. 2005, p. 13; Jamie Baker, «Why early memories disappear,» *The National Post,* Sept. 29, 2005 (online edition).

116. **... between the ages of three and five...** Janie Busby and Thomas Suddendorf, «Recalling yesterday and predicting tomorrow,» *Cognitive Development,* vol. 20 (2005), pp. 362–372.

116. **As William Roberts suggests...** William A. Roberts (2002), p. 473.

116. **This is also the age...** These results are summarized in Suddendorf and Corballis (2007).

116. **Such experiments are fraught...** Busby and Suddendorf (2005), p. 370.

116. **Interestingly, most ten–year–olds...**Whitrow (1988), p. 6.

117. **«difficult to relate...»** ibid., p. 7.

117. **«We have no dedicated sense...»** Gell (1992), p. 92.

118. **It is hardly a surprise...** An excellent recent book on the subject is Daniel Schacter's *The Seven Sins of Memory* (2001).

118. **... they also frequently...** Daniel L. Schacter, «The Cognitive Neuroscience of Constructed Memory: Remembering the Past and Imagining the Future,»

Philosophical Transactions of the Royal Society (B), in press; Daniel Schacter (1996), p. 103.

118. **«The positive spin on this...»** Schacter interview; see also Daniel L. Schacter and Donna Rose Addis, «The ghosts of past and future,» *Nature,* vol. 445 (4 Jan. 2007), p. 27; Daniel Schacter (2001), Chapter 8.

119. **«billions and billions»** Carl Sagan, *Billions and Billions.* New York: Ballantine Books, 1998, pp. 3–4.

119. **Prior interviews with close relatives...** Elizabeth F. Loftus, «Creating False Memories,» *Scientific American,* Sept. 1997, pp. 70–75.

119. **... other controversial practices...** A detailed look at the controversy over «repressed memory» is beyond the scope of our discussion. One useful resource is *The Myth of Repressed Memory* by Elizabeth Loftus and Katherine Ketcham (New York: St. Martin's Press, 1994).

120. **«flashbulb memories»** Schacter (1996), pp. 195–201.

120. **... incredibly, a survey by...** «30% of Americans cannot say what year 911/ attacks happened, poll finds,» *The National Post,*Aug. 10, 2006, p. A18.

120. **... a detailed study of 9/11 memories...** Elizabeth Phelps interview, _______. 2007); also Tali Sharot et al, «How personal experience modulates the neural circuitry of memories of September 11,» *Proceedings of the National Academy of Sciences,* vol. 104, no. 1 (Jan. 2, 2007), pp. 389–394.

122. **«... after the *Challenger* disaster...»** Daniel Greenberg, «Flashbulb memories: How psychological research shows that our most powerful memories may be untrustworthy,» *Skeptic,* vol. 11, no. 3 (Winter 2005), accessed through InfoTrac.

122. **«It's hard to convince people...»** Phelps interview (2007).

123. **As UCLA psychologist...** My account is based on Daniel Greenberg (2005).
123. **«I was in Florida...»** CNN, quoted in Daniel Greenberg (2005).
123. **«Bush remembers senior adviser...»** *The Washington Post,* quoted in Daniel Greenberg (2005).
124. **«I was sitting there...»**White House press release, quoted in Daniel Greenberg (2005).
124. **In one Dutch study...** Daniel Greenberg (2005).
125. **«the President, like most Americans...»** Daniel Greenberg (2005).

الفصل السادس

126. **«Nature, and Nature's Laws...»** quoted in Coveney and Highfield (1990), p. 39.
126. **«No closer to the gods...»** Cohen and Whitman (1999), p. 380.
126. **«... sober, silent, thinking...»** quoted in Westfall (1994), p. 13.
127. **«In those days, I was in...»** ibid., p. 39.
127. **«... to decline correspondencies...»** ibid., p. 109.
128. **«write on his Desk...»**ibid., p. 162.
128. **«Because mathematicians frequently...»** quoted in Coveney and Highfield (1990), p. 29.
129. **«Absolute, true, and mathematical...»** Cohen and Whitman (1999), p. 408.
129. **«Time does not imply motion...»** quoted in Whitrow (1988), p. 128.
130. **«a mode of thinking»** quoted in Turetzky (1998), p. 71.
130. **«the analogy of time with space»** Turetzky (1998), p. 72.
130. **«Absolute space...»** Cohen and Whitman (1999), p. 408.

132. **«is a fantasy that blinds...»** Lee Smolin, «What Is Time?» in John Brockman (1995), p. 236.

133. **«... is plainly maintaining that God...»** quoted in Keith Ballard, «Leibniz's Theory of Space and Time,» *Journal of the History of Ideas,* vol. 21, pp. 49–65, p. 53.

133. **«For how can a thing...»** Alexander (1956), pp. 72–73.

133. **The debate continues...** J.R. Lucas, «Time and Religion,» in Ridderbos (2002), (ed.), pp. 143–167, p. 162.

133. **Newton's voluminous theological...** see, for example, Westfall (1994).

134. **«He is eternal and infinite...»** Cohen and Whitman (1999), p. 941.

134. **«This God of dominion...»** Stephen Snobelen, «'The true frame of nature': Isaac Newton, Heresy, and the Reformation of Natural Philosophy,» in John Brooke and Ian Maclean (eds.), *Heterodoxy in Early Modern Science and Religion.* Oxford: Oxford University Press, 2005, p. 254.

134. **«This most beautiful system...»** Cohen and Whitman (1999), pp. 940–941. Newton also makes a similar argument about the biological world.

134. **... the clockwork metaphor...** Thanks to James Robert Brown for helpful comments on this matter.

135. **«If time flows...»** quoted in Lockwood (2005), p. 13.

135. **... Huw Price points out...** Price (1996), p. 13.

136. **«We may regard the present state...»** «Ask Science,» *The New York Times,* March 17, 2006 (online edition).

137. **«If the motion of every...»** Thomson, William, «Kinetic Theory of the Dissipation of Energy,» *Nature,* vol. 232 no. 9 (1874). p. 442.

139. **«the supreme position...»** quoted in Savitt (1995), p. 1.

141. **«We have looked through the...»** ibid., p. 1.

143. **«... without creation or destruction...»** quoted in Turetzky (1998), p. 10.

149. **«... quarreling over a toy...»** Julian Barbour interview, May __, 2007.
151. **«a philosophical health warning»** Simon Saunders, «Clock Watcher,» *The New York Times,* March 26, 2000 (online edition).
151. **«There goes the man that...»** quoted in Westfall (1994), p. 190.

الفصل السابع

152. **«Relativity has taught us...»** quoted in Coveney and Highfield (1990), p. 70.
152. **«I see the past...»** quoted in Pickover (1998), p. 6.
156. **«You will discover not the least...»** Galileo (1967), pp. 186–7.
157. **«There seems to be no such...»** quoted in Stachel (1998), p. xxxix.
157. **«know, or be able to establish...»** ibid., p. xxxix.
157. **Peter Galison has argued**... Galison (2003)
158. **«The first thing we'll do...»** quoted in Isaacson (2007), p. 46.
158. **«cannot be absolutely defined...»** Calaprice (2005), p. 216.
158. **«... for several valuable suggestions...»** Albert Einstein, «On the Electrodynamics of Moving Bodies,» in Stachel (1998), p. 159.
163. **«He has no stakes at all...»** Gerald Holton interview, _______.
166. **«one of the deepest insights...»** Greene (1999), p. 36.
166. **«There is no audible tick–tock...»** quoted in Isaacson (2007), p. 128.
166. **«... I don't have a watch.»** quoted in Fölsing (1997), p. 266.
167. **In Gwinner's experiment...** Elizabeth Quill, «Time Slows When You're on the Fly,» ScienceNOW

website, http://sciencenow.sciencemag.org/ cgi/content/ full/20072/1113/.

167. **«Henceforth, space on its own...»** quoted in Fölsing (1997), p. 189.

168. **... may yet be in your future...** I have omitted the physics behind this assertion, but the interested reader may turn to Roger Penrose's *The Emperor's New Mind* or Michael Lockwood's *The Labyrinth of Time* for a more detailed discussion. Penrose (pp. 260–61) gives a remarkable example involving a space fleet from the Andromeda Galaxy, some two million light years away, intent on destroying Earth. If you and I pass each other on the street – even at normal walking speeds – we can disagree about what time it is on Andromeda by several days. For one of us, the fleet is already on its way; for the other, the decision to launch has not even been made!

170. **«The primitive, subjective feeling...»** Einstein and Infeld (1938), p. 180.

71. **«Let's say that an event...»** I've taken this example from Michael Lockwood's version of Putnam's argument, outlined in *The Labyrinth of Time* (2005).

171. **«To take the spacetime view...»** ibid., p. 68–69.

171. **«The very division...»** Davies (1995), p. 71.

171. **«... made a deep impression...»**Albert Einstein, «How I Created the Theory of Relativity» (trans. Yoshimasa Ono). *Physics Today*, August 1982, p. 47.

172. **«In all my life...»** quoted in Pais (1982), p. 216.

173. *The Times* (London), 7 November 1919, p. 12; *The New York Times*, 10 November 1919, p. 17.

174. **... were able to disentangle...** Lockwood (2005), p. 80.

174. **... a U.S. lab in Boulder, Colorado...** Coveney and Highfield (1990), p. 95.

176. **«... services to theoretical physics...»** http://nobelprize.org; Isaacson (2007), p. 314.

178. **«In the act of measurement...»** Paul Davies, «That

Mysterious Flow,» *Scientific American,* Sept. 2002, pp. 40–47, p. 47.

178. **«Anyone who is not...»** quoted in Gribbin (1984), p. 5.

178. **«Newton, forgive me...»** Einstein (1979), p. 31.

الفصل الثامن

180. **«'I know,' he said...»** H.G. Wells, *The Time Machine: An Invention.* New York: Random House, 1931. p. 82..

180. **After the war...** Mallett (2006), pp. 2–3.

180. **«completely crushed»** Ronald Mallett interview, _______, 2007.

181. **«Black holes are what people...»** Mallett interview.

181. **Mallett remained in the...** Mallett interview; also Michael Brooks, «Time Twister,» *New Scientist,* May 19, 2001.

182. **... in peer–reviewed physics journals** Ronald Mallett, «Weak gravitational field of the electromagnetic radiation in a ring laser,» *Physics Letters A,* vol. 269 (2000), p. 214; Ronald Mallett, «The Gravitational Field of a Circulating Light Beam,» *Foundations of Physics,*Vol. 33, No. 9 (Sept. 2003), pp. 1307–1314.

182. **«... a distant improbability...»** quoted in Michael Brooks (2001), p. 19.

182. **«greater than the radius...»** Ken D. Olum and Allen Everett, «Can a circulating beam of light produce a time machine?», *Foundations of Physics Letters,* vol.18, p. 379–385 (Oct. 2004), p. 379.

184. **«In principle – if quantum...»** John Cramer interview, _______, 2007.

184. **«I feel a little uncomfortable...»** Cramer interview (2007).

185. **«... overturn our most cherished notions...»** Patrick Barry, «What's done is done,» *New Scientist,* Sept. 30, 2006, pp. 36–39, p. 36.

186. **«... a crucial breakthrough...»** Clute and Nicholls (1995), p. 1225.

186. **... a flood of time travel stories...** A wonderfully comprehensive account of such stories can be found in Paul Nahin's *Time Machines: Time Travel in Physics, Metaphysics, and Science Fiction* (1999).

187. **«the main work to consult»** Douglas Adams, *The Restaurant at the End of the Universe.* London: Pan Books, 1980 (1983 ed.), pp. 79–80.

188. **So far he as aged...** Dennis Overbye, «A Trip Forward in Time. Your Travel Agent: Einstein,» *The New York Times,* June 28, 2005, p. F4; www.wikipedia.org, «Sergei Krikalev.»

188. **Let's say you want to circumnavigate...** The example and the calculations are from Michael Lockwood's *The Labyrinth of Time* (2005), p. 48.

189. **«There is every reason to believe...»** Greene (2004), p. 449.

189. **«Einstein's equations of general relativity...»** Krauss (1995), p. 15.

191. **It didn't take long for wormholes...** Thorne (1994), pp. 483–484.

191. **«the idea of time machines...»** Toomey (2007), p. 18.

192. **A variety of other equally esoteric...** A concise roundup of possible time machine mechanisms can be found in Ivan Semeniuk, «No going back,» *New Scientist,* Sept. 20, 2003; for a more detailed account, see Davies (2001) and Nahin (1999).

194. **... philosopher David Lewis...** David Lewis, «The Paradoxes of Time Travel,» *American Philosophical Quarterly,* vol. 13, no. 2 (April 1976), pp. 145–52.

195. **One way or another...** This was essentially the solution proposed by Lewis in his 1976 paper.

196. **«without reference to what...»** David Deutsch and Michael Lockwood, «The Quantum Physics of Time

Travel,» *Scientific American,* March 1999, pp. 68–74, p. 71.

196. **When any one *particular*...** Lockwood (2005), p. 172. Lewis had expressed essentially the same idea, though formulated in less technical terms.
196. **«If you time–travel to the past...»** Greene (2004), p. 454.
197. **«the only solutions...»** quoted in Nahin (1999), p. 272. As Nahin points out, the principle had been set out earlier by the Russian philosopher Igor Novikov.
197. **«If a time traveler is going to...»** Nicholas Smith, «Bananas Enough for Time Travel,» *British Journal of the Philosophy of Science,* vol. 48, 1997, pp. 363–389, p. 366.
200. **«It is the explanation...»** Deutsch (1997), p. 51.
201. **«*The laws of physics conspire...*»** Hawking (2001), p. 153
201. **«the best evidence we have that...»** Hawking (1994), p. 154. (Arthur C. Clarke made the same point more than twenty years earlier.)
201. **Another possibility is that we're...** Toomey (2007) suggests several more possible reasons for the absence of time–traveling tourists.
201. **«and there is no reason...»** David Deutsch and Michael Lockwood, «The Quantum Physics of Time Travel,» *Scientific American,* March 1994, pp. 68–74, p. 74.
201. **«does begin to seem...»** Jonathan Leake and Rajeev Syal, «Hawking: we'll be able to travel back in time,» *The Sunday Times,* Oct. 1, 1995, p. 1.
202. **«will need to find another...»** Leonard Susskind, «Wormholes and Time Travel? Not Likely,» http://arxiv.org/abs/gr–qc/0503097v3, April 8, 2005, p. 4.
202. **Some physicists have also suggested...** Ivan Semeniuk, «No going back,» *New Scientist,* Sept. 20, 2003, pp. 28–32.

202. **«Even if it turns out...»** Hawking (2001), p. 147.

الفصل التاسع

204. **«We aspire in vain...»** Charles Lyell, *Principles of Geology* (vol. 3). New York: Johnson Reprint Corp., 1969. p. 384.
205. **... millions of years of weathering...** Canyon de Chelly,» pamphlet published by the U.S. National Park Service, U.S. Department of the Interior.
205. **«Two thousand years...»** Gorst (2001), pp. 3–4.
207. **Later commentators usually...** ibid., pp. 34–39.
208. **«In a stroke, he had...»** ibid., p. 104.
209. **«Is it not that being...»** quoted in Gorst (2001), p. 119.
209. **... Newton could not accept...** Toulmin and Goodfield (1965), pp. 146–7.
209. **«The winds and water disintegrate...»** quoted in Toulmin and Goodfield (1965), p. 64.
210. **«... no vestige of a beginning...»** quoted in Gorst (2001), p. 134.
210. **«Millions and whole myriads...»** quoted in Toulmin and Goodfield (1965), p. 133.
210. **«By 1750, men could contemplate...»** ibid.
211. **«The sound which, to the student...»** quoted in Gorst (2001), p. 146; Toulmin and Goodfield (1965), p. 170.
212. **«When seeing a thing...»** quoted in Gribbin (1999), p. 19.
213. **«must have succeeded each other...»** quoted in Gorst (2001), p. 167.
213. **«... a *time* bomb»** Ferris (1988), p. 245
214. **«The living plants and animals...»** Archibald Geike, «Geological Change,» in Shapley (1943), pp. 112–3.
214. **«He who... does not admit...»** quoted in Ferris (1988), p. 245.
214. **«thus increases the possible limit...»** ibid., p. 249.

215. **«For a public used to dealing...»** Gorst (2001), p. 204.
216. **«... not meant to be gaped at»** Arthur Eddington, «The Milky Way and Beyond,» in Shapley (1943), p. 93.
217. **«scattered through space...»** Edwin Hubble, «The Exploration of Space,» in Ferris (1991), p. 336.
221. **astronomers now believe...** For an excellent overview, see Wendy Freedman and Michael Turner, «Cosmology in the New Millennium,» *Sky & Telescope*, Oct. 2003, pp. 30–41.
222. **... the first crucial paper...** Alan Guth, «The Inflationary Universe: A Possible Solution to the Horizon and Flatness Problems,» *Physical Review D*, vol. 23 (1981), pp. 347–56.
222. **«Conceivably, everything...»** quoted in Danielson (2000), pp. 482–3.
223. **«... the observations certainly show...»** Alan Guth interview, March __, 2003. For a recent popular account, see Adam Frank, «Seeing the Dawn of Time,» *Astronomy*,Aug. 2005, pp. 34–39.
223. **«Many of the greatest minds...»** Gorst (2001), p. 291.
224. **«The larger the universe...»** Ferris (1997), p. 305.

الفصل العاشر

225. **«Our picture of physical reality...»** Penrose (1989), p. 480.
228. **These brane–world models...** Popular accounts include Gabriele Veneziano, «The Myth of the Beginning of Time,» *Scientific American*, May 2004, pp. 54–65; Michael Lemonick, «Before the Big Bang,» *Discover*, Feb. 2004, pp. 35–41; Paul Steinhardt, «A Cyclic Universe,» SEED, July–Aug. 2007, pp. 32–34.
228. **«that God put fossils in the rocks...»** Stephen Hawking lecture, U.C. Davis, March __, 2003.
229. **The cosmos as a whole...** Andrei Linde, «The

Self–Reproducing Inflationary Universe,» *Scientific American,* Nov. 1994, pp. 48–55.

230. **«our universe is simply...»** Edward P. Tyron, «Is the Universe a Vacuum Fluctuation?» *Nature,* vol. 246 (1973), pp. 396–7.

230. **«... tells us that fundamentally...»** Lisa Randall, untitled essay, *New Scientist,* Nov. 18, 2006, p. 49.

231. **«clearly missing something very big»** Nima Arkani–Hamed lecture, hosted by the Perimeter Institute for Theoretical Physics, held at Waterloo Collegiate Institute, Waterloo, Ont., Feb. 7, 2007.

231. **They would ideally like...** Greene (2004), pp. 489–481; James Glanz, «Physics' Big Puzzle Has Big Questions: What Is Time?» *The New York Times,* June 19, 2001.

232. **«But we've learned...**

234. **Because of this connection...** See, for example, Price (1996), p. 51. Price says that most physicists believe that the thermodynamic arrow explains the radiative arrow; however, he is personally doubtful of this argument.

235. **«rather like throwing a ball...»** Davies (1995), p. 209.

235. **«likely to be of little...»** Greene (2004), p. 145. See also Davies (1995), pp. 208–213.

235. **... have spent years grappling...** For example, John Cramer (Chapter 8) suspects that the cosmological arrow is paramount, and that it causes the radiative arrow, which in turn causes the thermodynamic arrow (Cramer interview, 2007). Several recent books examine the arrow of time in detail, including Coveney and Highfield (1990), Savitt (1995), and Price (1996). There are also very good discussions in Hawking (1988), Penrose (1989), and Greene (2004).

236. **«polymath extraordinaire»** The quote is from Tim Folger, «If an Electron Can Be in 2 Places at Once,

Why Can't You?» *Discover,* June 2005, pp. 28–35, p. 30.

236. **... a novel description of spacetime...** For an overview, see Roger Penrose, «Strings with a twist,» *New Scientist,* 31 July 2004, pp. 26–29.

238. **«brain–aching»** The quote is from George Johnson of the *New York Times,* who mentions *The Emperor's New Mind* in his review of *The Road to Reality.* Of *Emperor,* he says: «Starting from scratch with Pythagoras and Plato, [Penrose] dismantles what is known about the nature of the universe and then puts it back together again.» George Johnson, «A Really Long History of Time,» *The New York Times,* Feb. 27, 2005, p. 14.

239. **«We *seem* to be moving...»** Penrose (1989), pp. 391–2.

239. **«According to relativity...»** Penrose (1994), p. 384.

239. **«Many of them are related...»** Roger Penrose interview, May __, 2007.

الفصل الحادي عشر

245. **«Perceivest not...»** Lucretius, *On the Nature of Things,* Book 5.1, (trans. W.E. Leonard), in J.T. Fraser (1987), p. 33.

245. **«Eternity is very long...»** quoted in Rees (2001), p. 117

246. **... oaks are typically harvested...** After being cited by Hillis in an essay posted on the organization's website, www.longnow.org, the story of the 500–year–old trees has circulated endlessly, even appearing in the *New York Times* and in the book *Deep Time* by Gregory Benford (1999). The warden of New College wrote in 2002: «No matter how often the story is denied, newspapers and radio journalists still insist on believing that [the 19th–century workers] used oak beams from trees that had been planted for the purpose almost five

hundred years before. Since most structural oak was cut from trees of about a hundred and fifty years old, it would have been unlikely that anyone would plant it for use in five hundred years.» (http://www.new.ox.ac.uk/pdfs/alumni_nc_news_nov2002.pdf).

246. **«I came to think of this...»** http://www.digitalsouls.com/2001/Brian_Eno_Big_Here.html.

248. **«Hours are an arbitrary artifact...»** quoted in Patricia Leigh Brown, «A Clock to See You Through the Next 10,000 Years,» *The New York Times,* April 2, 2000, p. WK5.

249. **«the world's slowest computer»** Stewart Brand, *The Clock of the Long Now: Time and Responsibility – The Ideas Behind the World's Slowest Computer.* New York: Basic Books, 2000.

250. **... will peak at about 9 billion...** Cocks (2003), p. 40.

251. **... a book called *L'An 2440...*** Cornish (1977), p. 58; Clute and Nicholls (1995), p. 457.

252. **«Flight by machines...»** www.brainyquote.com; http://www.nasa.gov/ centers/dryden/news/X–Press/stories/2004013004//res_feathers.html.

252. **«There is no reason...»** http://listverse.com/history/top–30–failedtechnology– predictions/.

253. **«640,000 bytes of...»** quoted in Kurzweil (2000), p. 170.

254. **«we'll be lucky...»** Arthur C. Clarke, «2099... The Beginning of History,» in Griffiths (1999), pp. 43–44.

254. **In an interview...** The interview was with the German magazine *Focus,* and was later summarized in an article in the *Observer* (story by Nick Paton Walsh, Sept. 2, 2001, online edition).

254. **«any clear distinction...»** Kurzweil (2000), p. x.

254. **«are on the cusp...»** Kaku (1997), p. 5.

255. **«an escalating struggle...»** Cocks (2003), p. 130.

255. **«A few adherents of...»** Rees (2003), pp. 48–9.

255. **«There will always be...»** ibid., p. 43.

257. **Gott came up with...** The story is recounted in Gott (2002), pp. 207–9.

258. ***Homo sapiens* has been around...** As Gott points out, similar arguments have been put forward by Australian physicist Brandon Carter and Canadian philosopher John Leslie. They used a different mathematical approach, based on a method known as «Bayesian statistics,» but reached very similar conclusions. Leslie presents one version of the argument in his book *The End of the World* (1996).

258. **... and none of the dates...** Richard Gott, personal communication.

258. **«an abstract mathematical model...»** Freeman Dyson, «How Long Will the Human Species Last? An Argument with Robert Malthus and Richard Gott,» in Brockman (1995), pp. 269–275, p. 271.

258. **«The knowledge of this...»** ibid., p. 274.

259. **«... started taking bets...»** Helen Carter, «Plenty of bets on Armageddon,» *The Guardian,* Feb. 8, 1999 (online edition).

259. **«love with robots...»** David Levy, *Love + Sex with Robots: The Evolution of Human–Robot Relationships.* New York: Harper Collins, 2007. The quotation appears in Robin Marants Henig, «Robo Love,» *The New York Times,* Dec. 2, 2007, p. BK14.

260. **«replay the tape»** Stephen Jay Gould, *Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History.* New York: W.W. Norton and Company, 1989.

261. **«... a hospitable place.»** Fred Adams interview (________).

261. **... a bloated 168 million kilometers.** These are newer figures from Klaus– Peter Schröder and his colleagues at the University of Sussex, as quoted in Gribbin (2006), p. 250.

261. **«... the end of life on Earth.»** Fred Adams, «Long Term Astrophysical Processes,» in Bostrom and Cirkovic (in press).
262. **«Earth is thus evaporated...»** Fred Adams, «Long Term Astrophysical Processes.»
264. **«Since the expansion...»** Fred Adams, personal communication.
266. **«The universe would be...»** Fred Adams interview (_______).
267. **«... cloaked behind...»** Fred Adams, «Long Term Astrophysical Processes.»
268. **«The universe will look static...»** quoted in J.R. Minkel, «A.D. 100 Billion: Big Bang Goes Bye–Bye,» *Scientific American* (online edition), May 28, 2007.
268. **«All the labours...»** Bertrand Russell, *A Free Man's Worship*, London: George Allen & Unwin Ltd., 1976. p. 10.
269. **... any living creatures...** Interestingly, Krauss and Starkman suggest that copying our minds onto non–living material is the least of our problems. «While futuristic, the idea of shedding our bodies presents no fundamental difficulties... Most philosophers and cognitive scientists regard conscious thought as a process that a computer could perform... We still have many billions of years to design new physical incarnations to which we will someday transfer our conscious selves.» Lawrence Krauss and Glenn Starkman, «The Fate of Life in the Universe,» *Scientific American*, November 1999, pp. 58–65, pp. 62–3.
270. **«If they had made it...»** quoted in Patricia Leigh Brown, «A Clock to See You Through the Next 10,000 Years,» *The New York Times*, April 2, 2000, p. WK5.
270. **«... the values of our own age...»** Brian Hayes, «Clock of Ages,» *The Sciences*, Nov./Dec. 1999, pp. 9–13, p. 13.

272. **«Time is a river...»** Jorge Luis Borges, «A New Refutation of Time,» in *Labyrinths* (ed. Donald A. Yates and James E. Irby). New York: New Directions Publishing Corp., 1964. p. 234.
273. **«In essence, the self...»** Patricia Churchland, «Do We Have Free Will?» *New Scientist,* Nov. 18, 2006, pp. 42–45, pp. 44–45.
274. **«There is nothing that corresponds...»** Paul Davies interview, Sept. __, 2007
274. **«It is in you...»**Augustine, *Confessions* 11:27, in Fraser (1987), p. 34.
274. **«Time is not something objective...»** quoted in Coveney and Highfield (1990), p. 28; Fraser (1987), p. 42.
275. **«This illusion cries out...»** Paul Davies, «That Mysterious Flow,» *Scientific American,* Sept. 2002, pp. 40–47, p. 47.
275. **«Our perception of...»** Robert Jaffe interview, _______, 2007
276. **«Our powerful sense...»** quoted in Marcus Chown, «Clock–watchers,» *New Scientist,* 1 May 2004, pp. 34–37, p. 34.
276. **«Something analogous to...»** ibid., p. 35.
276. **«One implication...»** ibid., p. 37.
277. **«a deeply innate...»** Jaffe interview (2007).
278. **«Whenever I sit...»** Greene (2004), p. 471.
279. **«Even when it is...»** Aristotle, *Physics,* quoted in Lucas (1973), p. 12.
280. **Dummett gets the ball rolling...** Michael Dummett, «Is Time a Continuum of Instants,» *Philosophy,* vol. 75 (2000), pp. 497–515.
280. **«It is unclear how...»** Rupert Read, «Is 'What is Time?' a Good Question to Ask?», *Philosophy,* vol. 77 (2002), pp. 193–209, p. 193.

280. **«appears not to understand»** Michael Dummett, «How should we conceive of time?», *Philosophy*, Vol. 78 (2003), pp. 387–396, p. 388

280. **«... appears to go berserk...»** ibid., p. 390.

280. **«does not take seriously *enough*...»** Rupert Read, «Time to stop trying to provide an account of time,» *Philosophy*, Vol. 78 (2003), pp. 397–408, p. 399.

280. **«... will never second–guess physics...»** Rupert Read (2002), p. 208.

281. **«We cannot say what time is...»** Lucas (1973), p. 4.

281. **«because we instinctively...»** Lockwood (2005), p. 53.

282. **«From this perspective...»** ibid., pp. 53–54.

282. **«I would say yes...»** Barbour interview (2007).

284. **... proposed alternative to string theory...** For Smolin's own account of the theory, see Lee Smolin, «Atoms of Space and Time,» *Scientific American*, Jan. 2004, pp. 66–75.

284. **«... involve small loops...»** ibid., p. 69.

284. **«A one–sentence comparison...»** Greene (2004), p. 489.

284. **... has promised the world...** Smolin (2006)

285. **«philosophical guru»** Lee Smolin (1997), p. 223.

285. **«sloppy thinking»** Lee Smolin interview, _______, 1997.

286. **«If one takes the positivist position...»** Hawking (2001), p. 31.

287. **«Speaking personally...»** Smolin (1997), p. 286.

288. **«What we experience...»** Deutsch (1997), p. 263.

288. **«If I show you...»** David Deutsch interview, May _, 2007.

290. **«Does this road go anywhere?»** D.C. Williams, «The Myth of Passage,» in Westphal and Levenson (1994), p. 137.

290. **«I do not believe...»** quoted in Yourgrau (2005), p. 111.

290. **«The objective world simply...»** quoted in Gell (1992), p. 154.

290. **«We experience the world in time...»** Lee Smolin, presentation to the New York Academy of Sciences, Oct. 15, 2007.

291. **«... a way to *unfreeze* time...»** Smolin (2006), p. 257.

291. **«... deeply wrong about the nature of time»** Smolin (2006), p. 256.

291. **«I wish time were...»** quoted in Dennis Overbye, «On Gravity, Oreos, and a Theory of Everything,» *The New York Times,* Nov. 1, 2005 (online edition).

291. **«As a physicist...»** Davies (1995), p. 275.

292. **«not yet hanged»** Kaku (2004), pp. 178–179; see also Fölsing (1997) and Isaacson (2007).

294. **«Should I still be wondering...»**Yourgrau (2005), p. 123.

295. **«Once Einstein said that..»** Rudolf Carnap, «Intellectual Autobiography,» in P.A. Schilpp (ed.), *The Philosophy of Rudolph Carnap* [sic]. La Salle, Ill.: Open Court, 1963. pp. 37–38.

295. **«Now he has departed...»** quoted in Calaprice (2005), p. 73.

* * *

ببليوغرافيا

أنصح بالعناوين التي أشرتُ إليها بـ(*)، لأنّها تتناول مواضيع محدّدة عن طبيعة الزمن، أمّا تلك التي أشرتُ إليها بـ(T*) فأنا أنصح بها بالطبع، لكنّها تحوي مادّة تقنيّة قد تكون مناسبة أكثر لأولئك الذين يملكون خلفيّة في علوم الفيزياء.

* Adams, Fred and Gregory Laughlin. *The Five Ages of the Universe.* New York:
The Free Press, 1999.

Alexander, H.G. *The Leibniz–Clarke Correspondence.* Manchester: Manchester
University Press, 1956.

Aveni, Anthony. *Ancient Astronomers.*Washington: Smithsonian Books, 1995.

* _______. Anthony. *Empires of Time.* New York: Kodanasha International, 1995.

Barnes, Jonathan. *Early Greek Philosophy.* London: Penguin, 1997.

Benford, Gregory. *Deep Time.* New York: HarperCollins, 1999.

* Blaise, Clark. *Time Lord: Sir Sandford Fleming and the Creation of Standard Time.*
London: Weidenfeld & Nicholson, 2000 (2001 ed.).

Bostrom, Nick, and Milan Cirkovic (eds.). *Global Catastrophic Risk.* Oxford:
Oxford University Press, in press.

Brandon, S.G.F. *History, Time and Deity.* Manchester: Manchester University
Press, 1965.

Brockman, John (ed.). *How Things Are: A Science Tool–kit for the Mind.* London:
Weidenfeld & Nicholson, 1995.
* Boorstin, Daniel. *The Discoverers: A History of Man's Search to Know His World*
and Himself. New York: Random House, 1983 (1985 ed.).
Burl, Aubrey. *The Stone Circles of the British Isles.* New Haven, Conn.: Yale
University Press, 1976.
Calaprice, Alice (ed.). *The New Quotable Einstein*, Princeton, N.J.: Princeton
University Press, 2005.
Clute, John, and Peter Nicholls (ed). *The Encyclopedia of Science Fiction*, New
York: St. Martin's Press, 1995.
Cocks, Doug. *Deep Futures: Our Prospects for Survival.* Montreal and Kingston:
McGill–Queen's University Press, 2003
Cohen, I. Bernard, and Anne Whitman. *Isaac Newton – The Principia: A New*
Translation. Berkeley: University of California Press, 1999.
Cornish, Edward. *The Study of the Future.*Washington: World Future Society,
1977.
Coveney, Peter, and Roger Highfield. *The Arrow of Time: A Voyage through*
Science to Solve Time's Greatest Mystery. New York: Ballantine Books, 1990.
*(T) Dainton, Barry. *Time and Space.* London: Acumen Publishing, 2001.
* Danielson, Dennis (ed.). *The Book of the Cosmos: Imagining the Cosmos from*
Heraclitus to Hawking. Cambridge, Mass: Perseus Publishing, 2000.
Dale, Rodney. *Timekeeping.* London: The British Library, 1992.
* Davies, Paul. *About Time.* London: Penguin Books, 1995.
* Deutsch, David. *The Fabric of Reality*, London: Penguin Books, 1997.

* Duncan, David Ewing. *Calendar: Humanity's Epic Struggle to Determine a True and Accurate Year.* New York: Avon Books, 1998.

Einstein, Albert (trans./ed. Paul A. Schilpp). *Autobiographical Notes.* Chicago: Open Court Publishing, 1979.

Einstein, Albert, and Leopold Infeld. *The Evolution of Physics.* New York: Simon and Schuster, 1938 (1966 ed.).

Falk, Dan. *Universe on a T–Shirt: The Quest for the Theory of Everything.* Toronto: Penguin Books, 2002.

* _______. *Coming of Age in the Milky Way.* New York: Anchor Books, 1988 (1989 ed.).

* _______. *The Whole Shebang.* New York: Simon & Schuster, 1997 (1998 ed.).

* Ferris, Timothy (ed.). *The World Treasure of Physics, Astronomy, and Mathematics.* New York: Little, Brown and Company, 1991.

* Fölsing, Albrecht. *Albert Einstein.* New York: Penguin Books, 1997 (1998 ed.).

* Fraser, J.T. *Time: The Familiar Stranger.* London: Tempus Books, 1987.

Galilei, Galileo. *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems – Ptolemaic and Copernican* (trans. Stillman Drake). Berkeley: University of California Press, 1967.

Galison, Peter. *Einstein's Clocks, Poincaré's Maps,* New York: W.W. Norton & Company, 2003.

* Gell, Alfred. *The Anthropology of Time: Cultural Constructions of Temporal Maps and Images.* Oxford: Berg, 1992.

* Gleick, James. *Isaac Newton.* New York: Random House, 2003 (2004 ed.).

* Gorst, Martin. *Measuring Eternity.* New York: Broadway Books, 2001.
Gott, J. Richard. *Time Travel in Einstein's Universe: The Physical Possibilities of*
Travel through Time. New York: Houghton Mifflin, 2002.
*(T) _______. *The Elegant Universe.* New York: W.W. Norton & Company, 1999.
*(T) Greene, Brian. *The Fabric of the Cosmos,* New York: Vintage Books, 2004.
Gribbin, John. *In Search of Schrödinger's Cat: Quantum Physics and Reality.*
New York: Bantam Books, 1984 (1988 ed.).
* _______. *The Birth of Time: How Astronomers Measured the Age of the Universe.*
New Haven: Yale University Press, 1999.
_______. *The Origins of the Future: Ten Questions for the Next Ten Years.* New Haven:
Yale University press, 2006.
Griffiths, Sian (ed.). *Predictions.* Oxford: Oxford University Press, 1999.
Hawking, Stephen. *Black Holes and Baby Universes,* New York: Bantam Books,
1994.
Hawking, Stephen. *A Brief History of Time.* New York: Bantam Books, 1988.
* _______. *The Universe in a Nutshell,* New York: Bantam Books, 2001.
* Isaacson, Walter. *Einstein: His Life and Universe.* New York: Simon & Schuster,
2007.
* Kaku, Michio. *Einstein's Cosmos: How Albert Einstein's Vision Transformed*
Our Understanding of Space and Time. New York: W.W. Norton & Company,
2004.
_______. *Visions: How Science Will Revolutionize the 21st Century.* New York:

Anchor Books, 1997.
Kandel, Eric. *In Search of Memory.* New York: W.W. Norton & Company, 2006.
* Klein, Richard G., with Blake Edgar. *The Dawn of Human Culture.* New York:
John Wiley & Sons, 2002.
Krauss, Lawrence. *The Physics of Star Trek,* New York: Basic Books, 1995.
Kurzweil, Ray. *The Age of Spiritual Machines.* New York: Penguin Books, 1999
(2000 ed.).
* Landes, David S. *Revolution in Time: Clocks and the Making of the Modern World.*
Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1983.
* Levine, Robert. *A Geography of Time: The Temporal Misadventures of a Social*
Psychologist, or How Every Culture Keeps Time Just a Little Bit Differently.
New York: Harper Collins, 1997.
Leslie, John. *The End of the World: The Science and Ethics of Human Extinction.*
New York: Routledge, 1996.
* Lippincott, Kristen (ed). *The Story of Time.* London: Merrell Holberton Publishers,
2000.
*(T) Lockwood, Michael. *The Labyrinth of Time,* Oxford: Oxford University
Press, 2005.
Lucas, J. R. *A Treatise on Time and Space.* London: Methuen & Co. Ltd., 1973.
Macey, Samuel L. (ed.). *The Encyclopedia of Time.* New York: Garland Publishing,
1994.
Mallett, Ronald, with Bruce Henderson. *The Time Traveler.* New York: Thunder's
Mouth Press, 2006.
McCready, Stuart (ed.). *The Discovery of Time.* Naperville, Ill.:

Sourcebooks Inc.,
2001.
* Mithen, Steven. *The Prehistory of the Mind.* London: Thames and Hudson, 1996.
* Nahin, Paul. *Time Machines: Time Travel in Physics, Metaphysics, and Science*
Fiction, New York: Springer Verlag, 1999.
*(T) Pais, Abraham. *Subtle is the Lord: The Science and Life of Albert Einstein.* Oxford:
Oxford University Press, 1982.
*(T) Penrose, Roger. *The Emperor's New Mind.* New York: Oxford University Press,
1989. (1990 ed.).
Penrose, Roger. *The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the*
Universe. New York: Alfred A. Knopf, 2005.
_______. *Shadows of the Mind.* Oxford: Oxford University Press, 1994 (1995 ed.).
Pickover, Clifford A. Time: *A Traveler's Guide.* Oxford: Oxford University
Press, 1998.
Price, Huw. *Time's Arrow and Archimedes' Point: New Direction for the Physics of*
Time. Oxford: Oxford University Press, 1996.
Pritchard, Evan T. *No Word for Time: The Way of the Algonquin People.* Tulsa,
Okla.: Council Oak Books, 1997.
Rees, Martin. *Our Cosmic Habitat.* Princeton: Princeton University Press, 2001.
* _______. *Our Final Hour.* New York: Basic Books, 2003.
Ridderbos, Katinka (ed). *Time.* Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
Ruggles, Clive. *Astronomy in Prehistoric Britain and Ireland.* New Haven, Conn.:
Yale University Press, 1999.
Savitt, Steven (ed). *Time's Arrow Today: Recent philosophical work on the direction*

of time. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
* Schacter, Daniel. *Searching for Memory*. New York: Basic Books, 1996.
* _______. *The Seven Sins of Memory*. New York: Houghton Mifflin Company, 2001.
Shapley, Harlow et. al. (eds.). *A Treasury of Science*. New York: Harper and
Brothers, 1943.
Smolin, Lee. *The Life of the Cosmos*. Oxford: Oxford University Press, 1997.
* _______. *The Trouble With Physics: The Rise of String Theory, the Fall of a Science,*
and What Comes Next. New York: Houghton Mifflin Company, 2006.
* Sobel, Dava. *Longitude: The True Story of a Lone Genius Who Solved the Greatest*
Scientific Problem of His Time. New York: Penguin Books, 1995 (1996 ed.).
Stachel, John. *Einstein's Miraculous Year*. Princeton: Princeton University Press,
1998 (2005 ed.).
* Steel, Duncan. *Marking Time: The Epic Quest to Invent the Perfect Calendar*.
New York: John Wiley & Sons, 2000.
*(T) Thorne, Kip. *Black Holes and Time Warps*. New York: W.W. Norton & Company,
1994.
Toomey, David. *The New Time Travelers*, New York: W.W. Norton & Company,
2007.
* Toulmin, Stephen, and June Goodfield. *The Discovery of Time*. Chicago: University
of Chicago Press, 1965 (1977 ed.).
Turetzky, Philip. *Time*. London: Routledge, 1998.
* Weinberg, Steven. *The First Three Minutes*. New York: Basic Books, 1997
(1988 ed.).

* Westfall, Richard. *The Life of Isaac Newton.* Cambridge: Cambridge University
Press, 1994.
Westphal, Carl, and Jonathan Levenson (eds.). *Reality.* Indianapolis: Hackett
Publishing Co., 1994 (1993 ed.).
Whitrow, G. J. *The Nature of Time.* London: Penguin, 1972 (1975 ed.).
* _______. *Time in History: Views of Time from Prehistory to the Present Day.* Oxford:
Oxford University Press, 1988 (1990 ed.).
Yourgrau, Palle. *A World Without Time: The Forgotten Legacy of Gödel and
Einstein.* New York: Basic Books, 2005 (2006 ed.).

❋ ❋ ❋



«أنتَ تكتب كتاباً عن... ماذا؟!!»

قل للناس إنّك تؤلّف كتاباً عن الزمن، وستتلقّى ردود أفعال مدهشة! سيحتار البعض منهم، أو يهزّون أكتافهم بلا مبالاة ويسألون: «وماذا عن الزمن؟!»، وكأنّ من الصعب وجود ما يكفي من الأمور المشوّقة لتأليف كتاب كامل عنه (ألا يمرّ الزمن فحسب؟!)، أمّا البعض الآخر فيبدو أنّهم يفهمون إغراءه على الفور، ويتساءلون عن مواضيع محدّدة: «هل ستكتب عن السفر عبر الزمن؟!»، «طبعاً» أجيبهم، وأؤكّد لهم أنّني سأخصّص فصلاً بأكمله للسفر عبر الزمن، رغم أنّه مستحيل كما أخبرهم، لكنّه يطرح أسئلة ساحرة عن طبيعة الزمن نفسه وعن الفضاء وقوانين الطبيعة. بعض الناس يخمّنون أنّني أؤلّف «كتاباً عن الفيزياء»، ولا بدّ أنّه سيكون تقنيّاً متخصّصاً، فيه الكثير عن الإنتروبيا وحدود العالم وما إلى هنالك. كلّا، أطمئنهم، على الأقلّ ليس «كتاب فيزياء» فحسب، هدفي هو مقاربة أوسع للغز الزمن من اتّجاهات متعدّدة، يحمل كلّ منها وجهة نظره وبصيرته الخاصّة، وسِجلّ نجاحاته وخيباته.

في الواقع، يجب أن نقارب الزمن من عدّة زوايا، إذ لا يوجد «جواب» بحوزة أيّ فرع من فروع العلوم مهما كان. أدركتُ ذلك عندما ألقيتُ نظرة على الكتب التي تصطفّ على رفوف مكتبة بيتي (سأقوم برحلات عديدة إلى مكتبات مختلفة، لكنّ إحدى مزايا إنشاء مجموعة كتب رائعة في المنزل، هي أنّ جزءاً ضخماً من البحث يُنجز حتّى قبل أن يتصدّى المرءُ لتفاصيله). أوّل رفّين من رفوف مكتبتي يضمّان كتباً عن تاريخ وفلسفة العلوم: فيهما أبحث عن الكلاسيكيّات مثل برونوفسكي وبورستِن وغامو، ومجموعة من عناوين كارل ساغان، والأعمال الأحدث التي كتبها تيموثي فيريس ودينيس دانيلسون مثلاً. تحتهما، الكتب التي تتناول سيرة حياة العلماء: «غاليليو» لدرايك وسوبل، «نيوتن» لويستفول وغليك، «آينشتاين» لبايس، فولسنغ، وإيزاكسون، بالإضافة إلى العديد من الكتب التي تركّز بشكل خاصّ على نظريّات أولئك المفكّرين العظماء.


9 789933 655082